ABRAÃO FREIRES SARAIVA JÚNIOR

**DECISÃO DE *MIX* DE PRODUTOS SOB A PERSPECTIVA DO CUSTEIO
BASEADO EM ATIVIDADES E TEMPO PARA OPERAÇÕES COM MÚLTIPLAS
RESTRIÇÕES**

**SÃO PAULO
2014**

ABRAÃO FREIRES SARAIVA JÚNIOR

**DECISÃO DE *MIX* DE PRODUTOS SOB A PERSPECTIVA DO CUSTEIO
BASEADO EM ATIVIDADES E TEMPO PARA OPERAÇÕES COM MÚLTIPLAS
RESTRIÇÕES**

**Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Doutor em Ciências.**

**SÃO PAULO
2014**

ABRAÃO FREIRES SARAIVA JÚNIOR

**DECISÃO DE *MIX* DE PRODUTOS SOB A PERSPECTIVA DO CUSTEIO
BASEADO EM ATIVIDADES E TEMPO PARA OPERAÇÕES COM MÚLTIPLAS
RESTRIÇÕES**

**Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Doutor em Ciências.**

**Área de Concentração: Engenharia de
Produção**

**Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Pacheco da
Costa**

**SÃO PAULO
2014**

Catalogação-na-publicação

Saraiva Júnior, Abraão Freires

**Decisão de mix de produtos sob a perspectiva do custeio baseado em atividades e tempo para operações com múltiplas restrições / A.F. Saraiva Júnior. -- São Paulo, 2014.
329 p.**

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

**1.Custeio baseado em atividades 2.Mistura de produtos
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.**

DEDICATÓRIA

Aos meus pais *Abraão Saraiva* e *Nelle Santiago*, fontes de eterno amor.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me deu saúde para escrever este texto.

Aos meus amados pais, Abraão Saraiva e Neile Santiago, por me oferecerem toda a estrutura necessária para que eu pudesse me dedicar aos estudos.

À minha amada esposa, Cristiane Tabosa, pelo companheirismo, pelo incentivo e pela paciência para com os anos de distância carregados de solidão e para com os meus momentos de inteira dedicação à minha dissertação e à corrente tese.

Aos meus avós paternos, Geraldo Saraiva (*in memoriam*) e Rita Saraiva, aos meus avós maternos Francisco Santiago (*in memoriam*) e Núbia de Oliveira (*in memoriam*) e ao meu tio Fábio Bandeira, que sempre me incentivaram a valorizar a família e me ensinaram princípios e valores que levarei para toda a vida.

Aos meus queridos sogros, Valmir Tabosa e Salete de Mesquita, pelo apoio e carinho oferecidos desde o primeiro momento em que nos conhecemos, há nove anos.

Aos meus irmãos Paulo Anderson e Elger Santiago; aos meus amigos Carlos Tiago, David Custódio, Breno Barros, Pedro Felipe, Anselmo Ramalho, Heráclito Jaguaribe, Geovanni Belfort e Rafael Nobre; e às minhas amigas Bárbara Rocha, Renata Santiago, Sarah Veras, Renata Jaguaribe e Renata Oliveira pela compreensão para com os anos longe do convívio e para com os meus momentos de inteira dedicação a esta tese.

Ao amigo e parceiro Leonardo Augusto que, ao longo dos dois anos do mestrado e dos anos iniciais do doutorado, foi um verdadeiro irmão que dividiu os momentos mais difíceis e mais alegres da minha estadia em São Paulo e que continua a me incentivar e a me inspirar como pessoa e profissional.

Ao meu estimado orientador, professor da USP, amigo e parceiro Reinaldo Pacheco da Costa pelos incentivos dados, pelos conhecimentos/experiências transmitidos, pelas preciosas orientações acerca dos métodos de custeio e da decisão de *mix* de produtos, pela luz lançada ao meu presente e futuro como cidadão crítico e pela fonte de inspiração que para mim representa como profissional e acadêmico da Engenharia de Produção.

Ao professor Marco Aurélio Mesquita pelas preciosas dicas de leitura e orientações dadas durante o meu exame de qualificação de doutorado, orientações essas que foram cruciais para a construção desta tese, principalmente, no que diz respeito à modelagem matemática empreendida.

Ao professor Welington Rocha pelas ricas discussões realizadas ao longo da disciplina de Gestão Estratégica de Custos e pelas valiosas dicas de leitura e recomendações feitas durante o meu exame de qualificação de doutorado, recomendações essas que foram essenciais para a construção desta tese,

principalmente, no que tange à necessidade de se abordar criticamente os métodos de custeio.

Ao professor Miguel Cezar Santoro pelos incentivos e pelas sugestões dadas durante o meu exame de qualificação de mestrado e, principalmente, na defesa da minha dissertação, sugestões essas que foram incorporadas na corrente tese, principalmente, sobre aspectos relacionados ao planejamento da produção e à formalização de modelos matemáticos.

Ao professor Fábio Frezatti pelas discussões realizadas durante a realização da disciplina de Controle Gerencial, discussões essa que foram fundamentais para a compreensão crítica dos aspectos contingenciais relacionados com a adoção de artefatos da Contabilidade Gerencial, incluindo os métodos de custeio.

Ao professor Edson Luiz Riccio pelas dicas de leitura e orientações dadas durante o meu exame de qualificação de mestrado e, principalmente, durante a defesa da minha dissertação, orientações essas que foram consideradas na construção desta tese no que se refere à análise bibliométrica e aos métodos de custeio no contexto da Contabilidade Gerencial.

Aos estimados professores João Amato Neto, Fernando Laurindo, Renato Garcia, Roberto Marx e Marly Monteiro pelo incentivo, apoio e atenção dados e pelos conhecimentos transmitidos em vários momentos ao longo dos meus anos como aluno da USP.

Aos professores Davi Nakano, Afonso Fleury, Linda Lee Hoo e Paulo Cauchic pelos conhecimentos transmitidos acerca da metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção.

Aos professores Celma Ribeiro, João Eduardo Furtado, José Aquiles, Marcelo Pessoa, Márcio Borinelli, Maria Cristina Borba, Osvaldo Nassau, Paulino Francischini, Mário Salerno e André Fleury que me transmitiram parte dos seus conhecimentos através de aulas e discussões.

Aos funcionários técnico-administrativos da USP e da Fundação Vanzolini (FCAV), em especial às estimadas Lídia Silva, Olívia Machado, Fátima Domingues, Rebecca Takata, Dona Aninha e Anita Siqueira, pela presteza e por terem me oferecido todo o apoio institucional necessário para a realização do meu mestrado e do meu doutorado.

Aos colegas da pós-graduação da USP Adriana Marotti, Ana Daneida, Ana Nélo, Andréa Oliveira, Anelise Pianna, Felipe Bond, Flávia Motta, Gabriela Scur, Guilherme Sampaio, Karine Carvalho, Leo Kroth, Luciana Telles, Marcos Domingues, Paula Madeira, Paulo Panarella, Pepe Cardenas, Rosalina de Mesquita, Simone Lara, Suelene Mascarini, Thays Murakami, Veneziano Araújo Veridiana Rotondaro, Wander Demonel; aos vizinhos de pensão Aurora Alves, Israel Cruz, Leandro Astos; e aos estimados amigos Helisson Akira, Margareth Makdisse e

Carlos Mamberti que me ajudaram sobremaneira a mitigar as saudades que senti das pessoas que amo durante a minha estadia em São Paulo.

Aos professores da Universidade Federal do Ceará (UFC) Maxweel Veras Rodrigues, Anna Cristina Barbosa (hoje profissional da FATEC/SP), Fernando Nunes, Jesualdo Farias e José de Paula Barros Neto que me serviram de exemplo de dedicação profissional e que apoiaram e orientaram o início da minha trajetória acadêmica e profissional.

Aos professores e aos funcionários técnico-administrativos que atualmente são companheiros de trabalho na UFC, em especial, João Bosco Arruda, João Victor Moccellin, José Belo Torres, Marco Albertin, Morgana Baratta, Rogério Masih, Sérgio Elias, Evandro Gomes, Thayanne Pereira, Elisângela e Selimar Marques, pessoas pelas quais tenho grande estima e que me apoiaram na conciliação do meu primeiro ano de trabalho como professor da Universidade Federal com o meu último ano como aluno de doutorado da USP.

Aos professores, funcionários técnico-administrativos e ex-companheiros da Universidade Federal do Semi-Árido (UFERSA), da Incubadora Tecnológica de Mossoró (IAGRAM) e da Fundação Guimarães Duque (FGD), em especial, André Lucena, Marco Antônio, Dantas José de Arimatea, Josivan Barbosa, Fernando Porfírio, Rafael Castelo, Adriano Gomes de Matos, João Cândido, Rodrigo Codes, Ana Magalhães, Agostinha Mafalda, Ana Lúcia Brener, Girlene Borges, Ygo Pereira, Saulo de Tasso, Gabriel, Leo Lelis, Alexandre Oliveira, André Pedro, Miriam Rocha, Joana Karolyne, Thomas Edson, Priscilla Felipe, Sallys Albuquerque, Maspoly Genes, Daironne Rosário e Glória da Silva pelo convívio em Mossoró-RN e pelo apoio irrestrito às minhas frequentes viagens a São Paulo durante os meus primeiros anos como professor universitário federal na UFERSA, como diretor da FGD e como coordenador de planejamento da IAGRAM.

Institucionalmente, à USP, universidade pela qual tenho o mais profundo respeito e verdadeira “paixão”, pela oportunidade da realização dos cursos de mestrado e doutorado; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro proporcionado através de bolsas que viabilizaram a realização da minha dissertação e desta tese; à Embraer, à Brasforma, à Basf, à Mamberti Produções, à Cities, ao Cietec e à Redecard pelas experiências profissionais e projetos que me ajudaram a amadurecer como engenheiro, professor e pesquisador; à PUC SP, à UFERSA, à FGD, à IAGRAM, à FCAV e à “amada” UFC pelo apoio institucional durante a realização da minha pós-graduação.

A todos os outros amigos, colegas, conhecidos e familiares que colaboraram direta e indiretamente para com a conclusão desta tese

Viva como se fosse morrer amanhã, mas
aprenda como se fosse viver para sempre.

(Mahatma Gandhi)

RESUMO

Esta pesquisa versa sobre o tema “decisão de *mix* de produtos” que, em uma visão de Engenharia de Produção, pode ser entendido como a definição da quantidade ideal a ser produzida de cada tipo de produto em um determinado período, considerando que estes competem por um número limitado de recursos, de forma a maximizar o resultado econômico (ex: lucro operacional) da empresa. Os modelos de decisão de *mix* produtos utilizam informações sobre lucratividade que é determinada a partir de análises e confrontos entre os preços de vendas e os custos (gastos) dos produtos, custos esses que são mensurados através de métodos de custeio. Dentre os métodos de custeio existentes na literatura, destacam-se o Custeio por Absorção, o Custeio Direto/Variável, o Custeio Baseado em Atividades (ABC) e o Custeio Baseado em Atividades e Tempo (TDABC). O TDABC, a despeito de ter sido lançado na literatura em 2004 e detalhado em 2007 a partir de um livro publicado por Robert Kaplan e Steven Anderson, ainda não foi explorado diretamente pela literatura que versa sobre decisão de *mix* de produtos no contexto de operações com múltiplas restrições, ao contrário de alguns dos outros métodos de custeio mencionados, tal como o ABC. Para preencher essa lacuna teórica, esta tese tem como objetivo propor um modelo de decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva do custeio baseado em atividades e tempo para operações com múltiplas restrições. Para cumprir este objetivo, inicialmente, a tese é desenvolvida metodologicamente com a realização de uma análise bibliométrica e de uma análise de citações das publicações realizadas em periódicos acadêmicos internacionais das áreas de Engenharia de Produção e de Contabilidade Gerencial sobre decisão de *mix* de produtos e sobre o TDABC. Em seguida, uma pesquisa bibliográfica é apresentada para discutir conceitos, analisar criticamente e posicionar a pesquisa sobre decisão de *mix* de produtos e sobre métodos de custeio, com destaque ao TDABC. Ainda, são apresentados exemplos didáticos para ilustrar a utilização de métodos de custeio na decisão de *mix* de produtos. Em seguida, utiliza-se de modelagem quantitativa com vistas à proposição do modelo para auxiliar a decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva do TDABC, sendo este expresso na forma de um modelo de programação linear. No modelo proposto, são incorporados técnicas e conceitos relacionados com o controle gerencial de gastos, com a hierarquia de atividades, com o Overall Equipment Effectiveness (OEE) e com a programação matemática. Através de um exemplo didático envolvendo uma empresa de manufatura com múltiplas restrições do tipo *hard* e considerando parâmetros determinísticos, é apresentada a aplicação do modelo proposto na decisão de *mix* de produtos. Como principal resultado, tem-se a operacionalização do modelo proposto através do aplicativo Solver[®] incorporado ao *software* Microsoft Office Excel[®], culminando na definição do *mix* de produtos que maximiza o lucro operacional esperado para a empresa no horizonte de planejamento analisado. Algumas reflexões críticas são realizadas no que tange aos limites de aplicação do modelo proposto. Finalmente, conclui-se que, sob a perspectiva do TDABC, o modelo proposto pode ser útil para auxiliar a decisão de *mix* de produtos no contexto de operações com múltiplas restrições.

Palavras-chave: Decisão de *Mix* de Produtos. Métodos de Custeio. Custeio Baseado em Atividades e Tempo. Programação Matemática

ABSTRACT

This research addresses the theme "product-mix decision" that, in a Production Engineering perspective, can be understood as the definition of the optimum quantity to be produced for each type of product in a given period, considering these products compete for limited resources in order to maximize the firm economic result (e.g. operating income). Product-mix decision models use information on profitability, which is determined from analysis and confrontation between sales prices and costs (spending) of the products supplied by the company. These products costs are measured by costing methods. Among the existing costing methods in the literature, absorption costing, the direct costing, the activity based costing (abc) and time-driven activity-based costing (TDABC) are highlighted. TDABC, despite appearing in the literature in 2004 and detailed in 2007 from a book written by Robert Kaplan and Steven Anderson, has not been directly explored in the literature that deals with the product-mix decision considering multi-constrained operations context, unlike some of the other costing methods mentioned. In this context, to fill in this theoretical gap, the PhD thesis aims to propose a quantitative model to underpin the product-mix decision under the perspective of TDABC for multi-constrained operations. To meet this goal, initially, the thesis is developed methodologically from a bibliometric analysis and a citation analysis of papers on product mix decision and on TDABC published by international academic journals related to Production Engineering and Management Accounting research areas. Then the manuscript is methodologically developed from a literature research to discuss concepts and positioning the research on product-mix decision and on costing methods, emphasizing TDABC. Finally, quantitative modeling is employed in order to propose a model under the perspective of TDABC to assist product-mix decision, which is expressed as a linear programming model. The proposed model incorporates techniques and concepts related to management control over costs, the hierarchy of activities taxonomy, the Overall Equipment Effectiveness (OEE) and mathematical programming. An application of the proposed model is illustrated from a didactic example involving a multi-constrained manufacturing operation and considering deterministic parameters. The proposed model is operationalized through the Solver[®] and the Microsoft Office Excel[®] softwares, and, as main results, it was calculated the product-mix that maximizes the company's operating profit expected for the analyzed planning horizon. Some critical reflections are made regarding the proposed model application. Finally, it is concluded that, under the perspective of TDABC, the proposed model can be useful to support the product-mix decision of multi-constrained operations.

Keywords: Product-mix decision. Costing methods. Time-driven activity-based costing. Mathematical programming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Hierarquia da decisão gerencial na manufatura.....	24
Figura 2 - Hierarquia da decisão gerencial na manufatura.....	24
Figura 3 - Estrutura da análise bibliométrica / análise de citações realizada acerca das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema "decisão de <i>mix</i> de produtos"	38
Figura 4 - Estrutura da análise bibliométrica / análise de citações realizada acerca das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema "custeio baseado em atividades e tempo"	39
Figura 5 - Pesquisa realizada no EBSCO das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema "decisão de <i>mix</i> de produtos"	40
Figura 6 - Pesquisa realizada no Scopus das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema "decisão de <i>mix</i> de produtos"	40
Figura 7 - Pesquisa realizada no ProQuest das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema "decisão de <i>mix</i> de produtos"	41
Figura 8 - Pesquisa realizada no Web of Science das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema "decisão de <i>mix</i> de produtos"	41
Figura 9 - Pesquisa realizada no Science Direct das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema "decisão de <i>mix</i> de produtos"	42
Figura 10 - Pesquisa realizada no EBSCO das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema "custeio baseado em atividades e tempo" ...	43
Figura 11 - Pesquisa realizada no Scopus das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema "custeio baseado em atividades e tempo" ...	43
Figura 12 - Pesquisa realizada no ProQuest das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema "custeio baseado em atividades e tempo" ...	44
Figura 13 - Pesquisa realizada no Web of Science das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema "custeio baseado em atividades e tempo" ...	44
Figura 14 - Pesquisa realizada no Science Direct das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema "custeio baseado em atividades e tempo" ...	45
Figura 15 - Estrutura de construção da tese	60
Figura 16 - Produção anual de artigos acadêmicos internacionais sobre decisão de <i>mix</i> de produtos.	62
Figura 17 - Distribuição das publicações sobre decisão de <i>mix</i> de produtos por periódico de veiculação	63
Figura 18 - Distribuição das publicações sobre decisão de <i>mix</i> de produtos por país de filiação das instituições dos autores	64
Figura 19 - Distribuição das publicações sobre decisão de <i>mix</i> de produtos por tipo de pesquisa	65
Figura 20 - Produção anual de artigos acadêmicos internacionais sobre custeio baseado em atividades e tempo.....	70

Figura 21 - Distribuição das publicações sobre custeio baseado em atividades e tempo por periódico de veiculação	71
Figura 22 - Distribuição das publicações sobre custeio baseado em atividades e tempo por país de filiação das instituições dos autores	73
Figura 23 - Distribuição das publicações sobre custeio baseado em atividades e tempo por tipo de pesquisa	74
Figura 24 - Modelo conceitual do custeio por absorção com geração agregada de resultado.....	81
Figura 25 - Modelo conceitual do custeio pleno com geração agregada de resultado	84
Figura 26 - Modelo conceitual do custeio direto/variável com geração de resultados com margem de contribuição	89
Figura 27 - Evolução da composição dos custos empresariais.....	92
Figura 28 - Composição do CAM-I	93
Figura 29 - Modelo conceitual do ABC.....	96
Figura 30 - Detalhamento do modelo conceitual do ABC na visão econômica e de custeio	97
Figura 31 - Heurística da TOC para decisão de <i>mix</i> de produtos.....	127
Figura 32 - Premissas para geração de solução ótima de <i>mix</i> de produtos com base na TOC	133
Figura 33: Heurísticas <i>versus</i> programação linear (inteira) na decisão de <i>mix</i> de produtos	137
Figura 34 – Resultados comparados da empresa XYZ Ltda. estimados com base nos modelos de decisão de <i>mix</i> de produtos	181
Figura 35 - Estrutura simplificada de demonstração de resultado.....	184
Figura 36 – Estrutura dos produtos da empresa IJK Ltda	191
Figura 37 - Diagrama do processo produtivo (departamentos de produção) da empresa IJK Ltda.	197
Figura 38 – <i>Framework</i> dos elementos conceituais e das condições de contorno envolvidas coma proposição do modelo de decisão de <i>mix</i> de produtos sob a perspectiva do TDABC	213
Figura 39 – Estrutura dos produtos da empresa ABC Ltda.....	231
Figura 40 - Diagrama do processo produtivo (departamentos de produção) da empresa ABC Ltda.	237
Figura 41 – Modelo de decisão de <i>mix</i> de produtos da Empresa ABC Ltda	251
Figura 42 – Parametrização do aplicativo Solver® integrado à plataforma do <i>software</i> Microsoft Office Excel 2007® para a solução do modelo de decisão da empresa ABC Ltda	252
Figura 43 – <i>Framework</i> de oportunidades de pesquisas futuras sobre decisão de <i>mix</i> de produtos sob a perspectiva dos métodos de custeio.....	271
Figura 44 - Diagrama do processo de vendas da Wilson-Mohr.....	327

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Conceitos/objetivos da Contabilidade Gerencial	28
Quadro 2 - Taxonomia dos tópicos de pesquisa em Contabilidade Gerencial	29
Quadro 3 - Taxonomia dos tipos de pesquisa em Gestão de Produção e Operações	46
Quadro 4 - Autores destacados no campo da pesquisa sobre decisão de <i>mix</i> de produtos	67
Quadro 5 - Publicações com destaque no campo da pesquisa sobre decisão de <i>mix</i> de produtos	68
Quadro 6 - Autores destacados no campo da pesquisa sobre custeio baseado em atividades e tempo	75
Quadro 7 - Publicações com destaque no campo da pesquisa sobre custeio baseado em atividades e tempo	77
Quadro 8 - Utilidades e aplicações do ABC/ABM.....	102
Quadro 9 - Críticas ao ABC.....	104
Quadro 10 – Estudos de caso e discussões sobre o TDABC	114
Quadro 11 - Resumo das principais características e premissas dos métodos de custeio e da contabilidade de ganhos	118
Quadro 12 - Informações sobre demanda, processo produtivo, preços e custos dos produtos da empresa XYZ Ltda.....	160
Quadro 13 - Tratamento dos custos indiretos da empresa XYZ Ltda. pela ótica do custeio por absorção e do ABC	161
Quadro 14 - Cálculo da margem de contribuição unitária e da margem bruta unitária dos produtos da empresa XYZ Ltda.	164
Quadro 15 - Cálculo do lucro unitário (total e flexível) dos produtos da empresa XYZ Ltda. com base no ABC (operacional e tradicional).....	166
Quadro 16 - Determinação do <i>mix</i> de produtos da empresa XYZ Ltda. com base no modelo do custeio por absorção.....	167
Quadro 17 - Determinação do <i>mix</i> de produtos da empresa XYZ Ltda. com base no modelo do custeio por absorção com capacidade	168
Quadro 18 - Determinação do <i>mix</i> de produtos da empresa XYZ Ltda. com base no modelo do custeio direto/variável	168
Quadro 19 - Determinação do <i>mix</i> de produtos da empresa XYZ Ltda. com base no modelo do custeio direto/variável com capacidade	169
Quadro 20 - Determinação do <i>mix</i> de produtos da empresa XYZ Ltda. com base no modelo ABC operacional.....	170
Quadro 21 - Determinação do <i>mix</i> de produtos da empresa XYZ Ltda. com base no modelo ABC com capacidade	172
Quadro 22 - Determinação do <i>mix</i> de produtos da empresa XYZ Ltda. com base no modelo ABC tradicional	172

Quadro 23 - Determinação do <i>mix</i> de produtos da empresa XYZ Ltda. com base na heurística da TOC	173
Quadro 24 - Resultados anuais da empresa XYZ Ltda. obtidos com os modelos “ABC operacional”, “ABC com capacidade” e “ABC tradicional”	175
Quadro 25 - Resultados anuais obtidos com os modelos “custeio por absorção” e “custeio por absorção com capacidade”	177
Quadro 26 - Resultados anuais da empresa XYZ Ltda. obtidos com os modelos “custeio direto/variável” e “custeio direto/variável com capacidade”	178
Quadro 27 - Resultado anual da empresa XYZ Ltda. obtido com a “heurística da TOC”	180
Quadro 28 – Informações sobre o custo e o consumo dos materiais diretos por produto da empresa IJK Ltda	191
Quadro 29 – Preço de venda e demanda anual da empresa IJK Ltda estimada para período em análise	192
Quadro 30 – Custo anual estimado para o departamento de Pintura Eletrostática da empresa IJK Ltda	193
Quadro 31 – Custo anual estimado para o departamento de Montagem da empresa IJK Ltda	193
Quadro 32 – Custo anual estimado para o departamento de Preparação de Equipamento/Setup da empresa IJK Ltda	193
Quadro 33 – Custo anual estimado para o departamento de Engenharia da empresa IJK Ltda	194
Quadro 34 – Capacidade prática anual estimada para o departamento de Pintura Eletrostática da empresa IJK Ltda.....	195
Quadro 35 – Capacidade prática anual estimada para o departamento de Montagem da empresa IJK Ltda	196
Quadro 36 – Capacidade prática anual estimada para o departamento de Preparação de Equipamento/Setup da empresa IJK Ltda.....	196
Quadro 37 – Capacidade prática anual estimada para o departamento de Engenharia da empresa IJK Ltda	197
Quadro 38 - Informações necessárias para a construção da equação de tempo do processo produtivo da empresa IJK Ltda.	198
Quadro 39 - Consumo das atividades e taxa de custo da capacidade do departamento de Montagem da empresa IJK Ltda.....	199
Quadro 40 - Consumo das atividades e taxa de custo da capacidade do departamento de Pintura Eletrostática da empresa IJK Ltda	200
Quadro 41 - Consumo das atividades e taxa de custo da capacidade do departamento de Preparação de Equipamento/Setup da empresa IJK Ltda.....	201
Quadro 42 - Consumo das atividades e taxa de custo da capacidade do departamento de Engenharia da empresa IJK Ltda	202
Quadro 43 - Cálculo do lucro unitário dos produtos da empresa IJK Ltda com base no TDABC	204

Quadro 44 – Identificação da restrição do processo produtivo da empresa IJK Ltda.	206
Quadro 45 - Definição do <i>mix</i> de produtos da empresa IJK Ltda com base no modelo de decisão baseado no TDABC para operações com uma restrição do tipo <i>hard</i>	206
Quadro 46 - Resultado esperado da empresa IJK Ltda. para o próximo período (ano)	208
Quadro 47 - Consumo anual de recursos requerido pelo <i>mix</i> de produtos da empresa IJK Ltda	210
Quadro 48 – Expressões matemáticas que compõem a função objetivo do modelo de decisão de <i>mix</i> de produtos proposto sob a perspectiva do TDABC.	221
Quadro 49 – Significado das expressões matemáticas que compõem a função objetivo do modelo de decisão de <i>mix</i> de produtos proposto sob a perspectiva do TDABC	222
Quadro 50 – Informações sobre os departamentos da empresa ABC Ltda.	226
Quadro 51 – Custo anual estimado para o departamento de Pré-tratamento da empresa ABC Ltda.	228
Quadro 52 – Custo anual estimado para o departamento de Pintura Eletrostática da empresa ABC Ltda.	229
Quadro 53 – Custo anual estimado para o departamento de Montagem da empresa ABC Ltda.	229
Quadro 54 – Custo anual estimado para o departamento de Preparação de Equipamento/ <i>Setup</i> da empresa ABC Ltda.....	230
Quadro 55 – Custo anual estimado para o departamento de Engenharia da empresa ABC Ltda.	230
Quadro 56 – Informações sobre o custo e o consumo dos materiais diretos por produto da empresa ABC Ltda.	232
Quadro 57 – Preço de venda, comissão sobre venda e demanda anual estimada para os produtos da empresa ABC Ltda. no período analisado	233
Quadro 58 – Capacidade prática anual estimada para o departamento de Pré-tratamento da empresa ABC Ltda.	234
Quadro 59 – Capacidade prática anual estimada para o departamento de Pintura Eletrostática da empresa ABC Ltda.....	235
Quadro 60 – Capacidade prática anual estimada para o departamento de Montagem da empresa ABC Ltda.	236
Quadro 61 – Capacidade prática anual estimada para o departamento de Preparação de Equipamento/ <i>Setup</i> da empresa ABC Ltda.	236
Quadro 62 – Capacidade prática anual estimada para o departamento de Engenharia da empresa ABC Ltda.	236
Quadro 63 - Informações necessárias para a construção da equação de tempo do processo produtivo da empresa ABC Ltda.	240
Quadro 64 - Consumo das atividades e taxa de custo da capacidade do departamento de Pré-tratamento da empresa ABC Ltda.	241

Quadro 65 - Consumo das atividades e taxa de custo da capacidade do departamento de Pintura Eletrostática da empresa ABC Ltda.	242
Quadro 66 - Consumo das atividades e taxa de custo da capacidade do departamento de Montagem da empresa ABC Ltda.	243
Quadro 67 - Consumo das atividades e taxa de custo da capacidade do departamento de Preparação de Equipamento/ <i>Setup</i>	244
Quadro 68 - Consumo das atividades e taxa de custo da capacidade do departamento de Engenharia da empresa ABC Ltda.	245
Quadro 69 – Identificação das restrições do processo produtivo da empresa ABC Ltda.	246
Quadro 70 – Medidas de lucratividade dos produtos da empresa ABC Ltda.	246
Quadro 71 – Simulação da determinação de rankings de prioridade de produção/vendas dos produtos da empresa ABC Ltda. com base no modelo de Saraiva Jr. (2010)	246
Quadro 72 – Categorização dos índices do modelo proposto com relação à empresa ABC Ltda.	248
Quadro 73 – Categorização das variáveis de decisão do modelo proposto com relação à empresa ABC Ltda.....	248
Quadro 74 – Caracterização das restrições da empresa ABC Ltda. sob a perspectiva do modelo de decisão de <i>mix</i> de produtos proposto	250
Quadro 75 – Solução do modelo de decisão de <i>mix</i> de produtos da Empresa ABC Ltda.	253
Quadro 76 - Consumo anual de recursos requerido pelo <i>mix</i> de produtos da empresa ABC Ltda.	255
Quadro 77 – Demonstração do resultado esperado da empresa ABC Ltda. para o período (ano)	255
Quadro 78 – Simulação de cenário de decisão de <i>mix</i> de produtos da empresa ABC Ltda.	257
Quadro 79 - Consumo anual de recursos requerido pelo <i>mix</i> simulado de produtos da empresa ABC Ltda.	258
Quadro 80 – Demonstração do resultado esperado da empresa ABC Ltda. com o <i>mix</i> de produtos simulado	259
Quadro 81 - Taxas do direcionador de custos calculados pela lógica do ABC convencional	323
Quadro 82 - Taxas do direcionador de custos calculados pela lógica do TDABC...	325
Quadro 83 - Cálculo dos custos das atividades, da capacidade utilizada e da capacidade ociosa.....	325
Quadro 84 - Informações necessárias para a construção da equação de tempo do processo de vendas da Winson-Mohr	328

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC	<i>Activity-Based Costing</i>
ABM	<i>Activity-Based Management</i>
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
ANP	<i>Analytic Network Process</i>
CAM-I	<i>Consortium for Advanced Manufacturing, International</i>
CGF	Custos Gerais de Fabricação
CIF	Custos Indiretos de Fabricação
CPC	Comitê de Pronunciamentos Contábeis
CPV	Custo dos Produtos Vendidos
CTV	Custo Totalmente Variável
ENESEP	Encontro Nacional de Engenharia de Produção
ERP	<i>Enterprise Resource System</i>
IJPE	<i>International Journal of Production Economics</i>
IJPR	<i>International Journal of Production Research</i>
MC	Margem de Contribuição
MCu	Margem de Contribuição Unitária
MD	Material Direto
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OPT	<i>Optimized Product Technology</i>
PL	Programação Linear
PLI	Programação Linear Inteira
PO	Pesquisa Operacional
PIMJ	<i>Production and Inventory Management Journal</i>
RCA	<i>Resource Consumption Accounting</i>
RRC	Recurso com Restrição de Capacidade
TDABC	<i>Time-Driven Activity-Based Costing</i>
TOC	<i>Theory of Constraints</i>
WIP	<i>Work in Process</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
1.1 INSERÇÃO DO TEMA NO CAMPO DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	23
1.2 INSERÇÃO DO TEMA NO CAMPO DA CONTABILIDADE GERENCIAL	27
1.3 ENUNCIADO DA PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA.....	30
1.4 OBJETIVO DA PESQUISA.....	34
1.5 METODOLOGIA.....	34
1.5.1 Análise Bibliométrica e Análise de Citações.....	35
1.5.1.1 Análise bibliométrica / análise de citações das publicações internacionais....	36
1.5.1.1.1 Primeira etapa da análise bibliométrica / análise de citações das publicações internacionais.....	39
1.5.1.1.2 Segunda etapa da análise bibliométrica / análise de citações das publicações internacionais.....	46
1.5.1.1.3 Terceira etapa da análise bibliométrica / análise de citações das publicações internacionais.....	48
1.5.2 Pesquisa Bibliográfica.....	48
1.5.3 Modelagem Quantitativa	49
1.5.3.1 Definição do Problema	52
1.5.3.1 Construção do Modelo	52
1.5.3.3 Solução do Modelo.....	55
1.5.3.3 Teste/Validação e Implementação do Modelo	57
1.6 CONTRIBUIÇÕES ESPERADAS E ESTRUTURA DA TESE	58
2 RESULTADOS DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DA ANÁLISE DE CITAÇÕES..	61
2.1.RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DA ANÁLISE DE CITAÇÕES DAS PUBLICAÇÕES SOBRE DECISÃO DE MIX DE PRODUTOS.....	61
2.2 RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DA ANÁLISE DE CITAÇÕES DAS PUBLICAÇÕES SOBRE DECISÃO DE MIX DE PRODUTOS.....	62
2.3 RESULTADOS DA TERCEIRA ETAPA DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DA ANÁLISE DE CITAÇÕES DAS PUBLICAÇÕES SOBRE DECISÃO DE MIX DE PRODUTOS.....	67
2.4.RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DA ANÁLISE DE CITAÇÕES DAS PUBLICAÇÕES SOBRE CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES E TEMPO	69
2.5 RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DA ANÁLISE DE CITAÇÕES DAS PUBLICAÇÕES SOBRE CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES E TEMPO	70
2.6 RESULTADOS DA TERCEIRA ETAPA DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DA ANÁLISE DE CITAÇÕES DAS PUBLICAÇÕES SOBRE CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES E TEMPO	75

3 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA: MÉTODOS DE CUSTEIO.....	79
3.1 CUSTEIO POR ABSORÇÃO E CUSTEIO PLENO	80
3.2 CUSTEIO VARIÁVEL E CUSTEIO DIRETO	85
3.3 CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES	91
3.4 CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES E TEMPO	106
3.6 RESUMO DE CARACTERÍSTICAS E PREMISSAS DOS MÉTODOS DE CUSTEIO ABORDADOS	118
4 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA: DECISÃO DE <i>MIX</i> DE PRODUTOS	120
4.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA E ANÁLISE CRÍTICA DA LITERATURA SOBRE DECISÃO DE <i>MIX</i> DE PRODUTOS	120
4.1.1 <i>Insights</i> Iniciais sobre a Teoria das Restrições e a Contabilidade de Ganhos no Contexto da Decisão de <i>Mix</i> de Produtos	123
4.1.2 Críticas à Teoria das Restrições e Proposição de Novos de Modelos de Decisão de <i>Mix</i> de Produtos.....	128
4.1.3 TOC <i>versus</i> ABC e Hierarquia de Atividades na Decisão de <i>Mix</i> de Produtos ...	146
4.1.4 O Controle Gerencial sobre Custos e o Modelo Geral de Decisão de <i>Mix</i> de Produtos de Kee e Schmidt (2000)	148
4.1.5 O Controle Gerencial sobre Custos e o Modelo ABC Operacional de Decisão de <i>Mix</i> de Produtos de Kee (2001)	155
4.2 DECISÃO DE <i>MIX</i> DE PRODUTOS SOBRE A PERSPECTIVA DE DIFERENTES MÉTODOS DE CUSTEIO E DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES	158
4.2.1 O Exemplo Didático da Empresa XYZ Ltda.....	159
4.2.1.1 Cálculo da Margem de Contribuição Unitária e Margem Bruta Unitária com Base no Custeio Direto/Variável e no Custeio por Absorção	164
4.2.1.2 Cálculo do Lucro Unitário com Base no ABC Operacional e no ABC Tradicional	165
4.2.1.3 Definição do <i>Mix</i> de Produtos Através do Modelo do Custeio por Absorção	166
4.2.1.4 Definição do <i>Mix</i> de Produtos Através do Modelo do Custeio por Absorção com Capacidade	167
4.2.1.5 Definição do <i>Mix</i> de Produtos Através do Modelo do Custeio Direto/Variável	168
4.2.1.6 Definição do <i>Mix</i> de Produtos Através do Modelo do Custeio Direto/Variável com Capacidade	169
4.2.1.7 Definição do <i>Mix</i> de Produtos Através do Modelo ABC Operacional	170
4.2.1.8 Definição do <i>Mix</i> de Produtos Através do Modelo ABC com Capacidade	171
4.2.1.9 Definição do <i>Mix</i> de Produtos Através do Modelo ABC Tradicional	172
4.2.1.10 Definição do <i>Mix</i> de Produtos Através do Modelo ABC Operacional	173
4.2.1.11 Resultados obtidos com os Modelos de Decisão de <i>Mix</i> de Produtos	174

4.3 MODELO DE DECISÃO DE <i>MIX</i> DE PRODUTOS SOB A PERSPECTIVA DO TDABC PARA OPERAÇÕES COM UMA RESTRIÇÃO DO TIPO <i>HARD</i>	183
4.3.1 Aplicação do Modelo de Saraiva Jr. (2010) na Decisão de <i>Mix</i> de Produtos da Empresa IJK Ltda	188
4.3.1.1 Cálculo do Custo e da Capacidade Prática dos Departamentos com Base no TDABC	192
4.3.1.2 Construção da Equação de Tempo com Base no TDABC	197
4.3.1.3 Cálculo da Taxa de Custo da Capacidade dos Departamentos com Base no TDABC	199
4.3.1.4 Cálculo do Lucro Unitário Flexível dos Produtos com Base no TDABC	203
4.3.1.5 Identificação da Restrição do Sistema Produtivo	205
4.3.1.6 Definição do mix de produtos	206
4.3.1.7 Projeção e Análise do Resultado Esperado da Empresa Obtido Através do Mix de Produtos Definido	208
4.4 ESTUDOS SOBRE DECISÃO DE <i>MIX</i> DE PRODUTOS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS BRASILEIROS	212
5 PROPOSIÇÃO DO MODELO TDABC DE DECISÃO DE <i>MIX</i> DE PRODUTOS ..	213
5.1 CONDIÇÕES DE CONTORNO DO MODELO A SER PROPOSTO	213
5.2 MODELO TDABC DE DECISÃO DE <i>MIX</i> DE PRODUTOS	218
5.3 APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO: EMPRESA ABC LTDA.	223
5.3.1 Estruturação dos Parâmetros do Modelo	225
5.3.1.1 Cálculo do Custo (Gasto) dos Departamentos com Base no TDABC	226
5.3.1.2 Estrutura, Custo de Material Direto e Preço de Venda dos Produtos	231
5.3.1.3 Cálculo da Capacidade Prática dos Departamentos com Base no TDABC e no OEE	233
5.3.1.4 Construção da Equação de Tempo com Base no TDABC	237
5.3.1.5 Cálculo da Taxa de Custo Flexível da Capacidade dos Departamentos com Base no TDABC	241
5.3.2 O Dilema da Decisão de <i>Mix</i> de Produtos para Operações com Múltiplas Restrições	245
5.3.3 Estruturação dos Índices e das Variáveis de Decisão do Modelo	247
5.3.4 Modelo Proposto de Decisão de <i>Mix</i> de Produtos parametrizado para a Empresa ABC Ltda.	249
5.3.5 Solução do Modelo de Decisão de <i>Mix</i> de Produtos da Empresa ABC Ltda.	252
5.3.6 Análise dos Resultados Obtidos e Validação do Modelo	254
5.5 ANÁLISE CRÍTICA DO MODELO PROPOSTO	260
5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	264

6 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	265
REFERÊNCIAS	272
APÊNDICE A - Publicações acadêmicas resultantes do levantamento bibliográfico sobre decisão de mix de produtos.....	296
APÊNDICE B - Distribuições de frequência da incidência de periódicos de veiculação das publicações sobre decisão de mix de produtos	302
APÊNDICE C – Lista dos autores das publicações prospectadas sobre decisão de mix de produtos.....	304
APÊNDICE D - Distribuições de frequência da incidência de países de vínculo dos pesquisadores sobre decisão de mix de produtos	311
APÊNDICE E - Distribuições de frequência da incidência dos tipos de pesquisa sobre decisão de mix de produtos.....	312
APÊNDICE F - Publicações acadêmicas resultantes do levantamento bibliográfico sobre custeio baseado em atividades e tempo	313
APÊNDICE G - Distribuições de frequência da incidência de periódicos de veiculação das publicações sobre custeio baseado em atividades e tempo	316
APÊNDICE H - Lista dos autores das publicações prospectadas sobre custeio baseado em atividades e tempo.....	318
APÊNDICE I - Distribuições de frequência da incidência de países de vínculo dos pesquisadores sobre custeio baseado em atividades e tempo	321
APÊNDICE J - Distribuições de frequência da incidência dos tipos de pesquisa sobre custeio baseado em atividades e tempo	322
APÊNDICE K - Exemplo numérico de Kaplan e Anderson (2007a) comentado.....	323
APÊNDICE L - Estudo de caso Wilson-Mohr de Kaplan e Anderson (2007a) comentado.....	327

1 INTRODUÇÃO

Esta pesquisa versa sobre o tema: decisão de *mix* de produtos. Na visão de *marketing*, entende-se como *mix* de produtos o conjunto de todos os produtos e itens que um determinado vendedor coloca a venda para compradores (KOTLER, 1984). Em uma visão de Engenharia de Produção (recorrente também denominada como Gestão de Produção e Operações), visão esta que é compartilhada pela corrente pesquisa, entende-se como *mix* de produtos a quantidade ideal a ser produzida de cada tipo de produto em um determinado período, considerando que estes competem por um número limitado de recursos (HODGES. MOORE, 1970), de forma a otimizar o resultado (ex: lucro operacional) da empresa produtora (FREDENDALL; LEA, 1997).

Desta forma, a corrente pesquisa segue a seguinte linha de pensamento, conforme apontam Lea e Fredendall (2002, p. 280): “quando uma empresa possui mais demanda do que capacidade, gestores devem decidir quais produtos produzir em um determinado período. A decisão de *mix* de produtos tipicamente intenciona maximizar lucros”.

1.1 INSERÇÃO DO TEMA NO CAMPO DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Dentro do campo de conhecimento da Engenharia de Produção, consagrado ao estudo do processo de desenvolvimento, planejamento, controle e execução de operações em organizações industriais e de serviços (BERTRAND; FRANSOO, 2002), a atividade de planejamento pode ser segmentada de acordo com o horizonte temporal a ser atingido. Bahl, Taj e Corcoran (1991), em um artigo publicado no *International Journal of Production Research*, apresentam uma taxonomia da hierarquia das decisões típicas da atividade de planejamento da produção, como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Hierarquia da decisão gerencial na manufatura

Fonte: Bahl, Taj e Corcoran (1991)

Observa-se que o limite superior do horizonte de planejamento explicitado por Bahl, Taj e Corcoran (1991) para definição de *mix* de produtos pode ser longo para as empresas mais impactadas pelo cenário de rápida mudança e dinamicidade vivenciado hodiernamente. Nesse sentido, Kee e Schmidt (2000) e Kee (2001) classificam a decisão de *mix* de produtos como uma atividade de planejamento para um horizonte próximo a 1 ano, pois decisões deste tipo requerem o comprometimento de vários recursos e departamentos da empresa, ou seja, da capacidade dos recursos/atividades/departamentos e da discricionariedade dos gastos no horizonte de análise.

Nanci *et al.* (2008) estruturam um *framework* em que são articulados os níveis hierárquicos da estratégia de produção, as funções da área de Planejamento, Programação e Controle da Produção (PCP) e o horizontes de tempo. Tomando como base as proposições de Bahl, Taj e Corcoran (1991), a decisão de mix de produtos abordada na correte tese pode ser disposta entre as "funções de PCP", nos termos de Nanci et al. (2008, p. 10), planejamento da capacidade e planejamento agregado da produção, como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Hierarquia da decisão gerencial na manufatura

Fonte: Adaptado de Bahl, Taj e Corcoran (1991) e Nanci *et al.* (2008)

Com base na taxonomia dos tipos ou das estratégias de produção apresentada por Krajewski e Ritzman (1999), pode-se afirmar que a decisão de *mix* de produtos investigada na corrente pesquisa possui mais aderência a processos produtivos do tipo *make-to-stock* (feitos para estoque) em que as empresas produzem itens padronizados e os disponibilizam ao mercado com base em previsões de demanda. Desta forma, enxerga-se que as estratégias de produção *make-to-order* (produção sob encomenda) e *assemble-to-order* (montagem sob encomenda) são menos impactadas pela pesquisa, pois a decisão de mix de produtos sob a égide dessas estratégias de produção recebe pouca influência ou até mesmo “não está nas mãos” dos gestores, tal como afirmam Finch e Luebbe (2000).

Considerando a classificação das áreas e das subáreas de conhecimento da Engenharia de Produção estabelecida pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO, 2008), entende-se que a corrente pesquisa sobre decisão de *mix* de produtos tem potencial de contribuição para 3 das 55 subáreas de conhecimento estabelecidas, a saber: (i) gestão de custos; (ii) planejamento, programação e controle da produção (principalmente, em relação ao processo de planejamento); e (iii) programação matemática.

Ainda, convém destacar que os modelos de decisão *mix* de produtos abordados nesta tese podem contribuir com a pesquisa sobre problemas de planejamento agregado da produção e da força de trabalho (do inglês *aggregate production planning and workforce planning*, nos termos de Hax e Candea (1984), Hopp e

Spearman (2000)), de alocação e expansão da capacidade multi-site ((do inglês *multi-site capacity allocation and expansion*, nos termos de Chen, Chen e Lu (2013)) e de terceirização da produção ((do inglês *production outsourcing*, nos termos de Coman e Ronen (2000) ou *product mix-outsourcing*, nos termos de Nazari-Shirkouhi *et al.* (2010)).

Tal potencial de contribuição advém do fato de a tese ter como pontos centrais dos modelos de decisão de mix de produtos abordados os (i) métodos de custeio, os (ii) custos (ou de forma expandida, os "gastos", incluindo as despesas), e as (iii) medidas de "lucro, margem ou lucratividade" de objetos de custos tais como a unidade dos produtos (do inglês "net profit per unit of product", nos termos de Hopp e Spearman (2000, p. 548), ou "unit level profit", nos termos de Kee e Schmidt (2000, p. 10), ou "profitability per unit", nos termos de Kee (2001, p. 148), ou "profit per unit", nos termos de Kee (2008, p. 687), ou "controllable margin per unit" (nos termos de Balakrishnan, Labro e Sivaramakrishnan, 2012, p. 38) ou "marginal profit for selling one unit of product", nos termos de Chen, Chen e Lu (2013, p. 852)).

Conforme afirmam Tsai *et al.* (2008, p. 210), "uma das mais importantes decisões realizadas em sistemas de produção é determinar os produtos com maior lucratividade" (do inglês "*the most profitable products*"). Estas medidas de lucratividade por unidade dos produtos são estritamente dependentes dos métodos de custeio aplicados para mensurá-las, sendo estes pouco considerados na literatura que versa sobre modelos e problemas de planejamento agregado da produção e da força de trabalho; de alocação e expansão da capacidade multi-site; e terceirização da produção.

Em outras palavras, é recorrente que a lucratividade por unidade dos produtos seja dado *a priori* nos modelos de planejamento agregado da produção e da força de trabalho (ex: na função objetivo dos modelos baseados em programação matemática), mesmo nos casos de programação multiperíodo, ou seja, os métodos de custeio não são ou pouco são considerados neste tipo de modelo de planejamento da produção. Daí o potencial adicional de contribuição da corrente pesquisa no que tange à mensuração da lucratividade unitária dos produtos sob as diferentes perspectivas dos métodos de custeio.

1.2 INSERÇÃO DO TEMA NO CAMPO DA CONTABILIDADE GERENCIAL

A Contabilidade Gerencial constitui uma parte do sistema contábil que se dedica às informações destinadas aos usuários internos da organização (HANSEN; MOWEN, 1997). A pesquisa em contabilidade gerencial ganhou força a partir da década de 80 com a abertura de novos canais internacionais de divulgação de pesquisas acadêmicas que apresentam uma perspectiva diferente no exame dos fenômenos, com preocupação multidisciplinar e, em muitos casos, com uma multiplicidade de métodos aplicados na análise dos problemas (FREZATTI; AGUIAR; GUERREIRO, 2007; HESFORD *et al.*, 2007).

Vale destacar que, diferentemente da Contabilidade Financeira (normativa), a Contabilidade Gerencial (não normativa e voltada para a tomada de decisão) pode ser entendida de diversas maneiras, dependendo da visão do autor. Desta forma, em termos teóricos, podem ser identificados diferentes conceitos e objetivos da Contabilidade Gerencial. Frezatti, Aguiar e Guerreiro (2007), Saraiva Jr., Alcalde e Costa (2009), Carvalho *et al.* (2010) e Costa, Ferreira e Saraiva Jr. (2010) fizeram um levantamento de conceitos/objetivos da Contabilidade Gerencial, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1 - Conceitos/objetivos da Contabilidade Gerencial

ANO	AUTORES	CONCEITO/OBJETIVO DA CONTABILIDADE GERENCIAL
1981	NAA - National Association of Accountants	Processo de identificação, mensuração, acumulação, análise, preparação, interpretação e comunicação das informações usadas pela administração para planejar, avaliar e controlar uma organização e assegurar o uso apropriado e a responsabilização por seus recursos
1981	Anthony e Welsch	Fornecer informações úteis para os gestores, que são pessoas que estão dentro da organização.
1989	Anderson, Needles e Cadwell	Processo de identificação, mensuração, acumulação, análise, preparação, interpretação e comunicação da informação financeira usada pelos gestores para planejar, avaliar e controlar dentro da organização para assegurar o apropriado uso e <i>accountability</i> dos seus recursos.
1997	Hansen e Mowen	Identificar, coletar, mensurar, classificar, e reportar informações que são úteis para os gestores no planejamento, controle e processo decisório.
2000	Atkinson, Banker, Kaplan e Young	Processo de produzir informação operacional e financeira para funcionários e gestores. O processo deve ser direcionado pelas necessidades informacionais dos indivíduos internos da empresa e deve orientar as decisões operacionais e de investimentos.
2000	Horngren, Foster e Datar	Medir e reportar as informações financeiras e não financeiras que ajudam os gestores a tomar decisões, para atingir os objetivos da organização.
2000	Louderback, Holmen e Dominiak	Prover informações para dar apoio às necessidades dos gestores internos da organização.
2004	Horngren, Sundem e Stratton	Processo de identificar, mensurar, acumular, analisar, preparar, interpretar e comunicar informações que auxiliem os gestores a atingir objetivos organizacionais.
2006	Garrison, Noreen e Brewer	Fornecer informações aos gestores que dirigem e controlam as operações no interior de uma organização.
2008	IMA - Institute of Management Accounting	Envolve a colaboração no processo de tomada de decisões, a elaboração de sistemas de planejamento e gestão de desempenho, e o fornecimento de expertise técnica para exercer controle financeiro e disponibilizar informação financeira com o intuito de auxiliar os gestores na formulação e na implementação da estratégia de uma organização.

Fonte: Adaptado de Frezatti, Aguiar e Guerreiro (2007), Saraiva Jr., Alcalde e Costa (2009), Carvalho *et al.* (2010) e Costa, Ferreira e Saraiva Jr. (2010)

Com base no Quadro 1, pode-se observar que existe sobreposição de conceitos e de objetivos da Contabilidade Gerencial na literatura especializada. Como exemplos, podem ser citados os conceitos/objetivos de (i) Anthony e Welsch; de (ii) Anderson, Needles e Cadwell; de (iii) Horngren, Sundem e Stratton; e de (iv) Garrison, Noreen e Brewer estabelecidos em épocas diferentes (1981, 1989, 2004 e 2006, respectivamente), mas que ressaltam como finalidade fundamental da Contabilidade Gerencial o fornecimento de informações para os gestores/administradores (internos) da organização. Ressalta-se que a conceituação dada pelo IMA (2008) pode se vista como a mais abrangente, pois parte de conceitos e definições

pretéritas, tais como a colaboração ao processo de tomada de decisões e o foco nos agentes internos, e incorpora aspectos hodiernos de formulação e de implementação da estratégia organizacional.

Da mesma forma que não existe consenso em relação ao conceito e/ou objetivo, também é esparsa a compreensão sobre os temas ou tópicos de estudo que o campo da Contabilidade Gerencial se propõe a pesquisar. Entretanto, alguns temas são tidos como “clássicos” e aparecem recorrentemente em taxonomias, tais como: orçamentos, contabilidade de custos, mensuração de desempenho e tomada de decisão (SARAIVA JR.; ALCALDE; COSTA, 2009; COSTA; FERREIRA; SARAIVA JR., 2010). O Quadro 2 apresenta duas taxonomias dos tópicos da pesquisa em Contabilidade Gerencial na visão de diferentes autores.

Quadro 2 - Taxonomia dos tópicos de pesquisa em Contabilidade Gerencial

SHIELDS (1997)	HESFORD <i>et al.</i> (2007)
Sistemas de Controle Gerencial <ul style="list-style-type: none"> • Incentivos • Orçamentos ou orçamentação (<i>budgeting</i>) • Mensuração de desempenho • Preços de transferência • Contabilidade por responsabilidade (<i>Responsibility Accounting</i>) • Controle Internacional 	Custos <ul style="list-style-type: none"> • Alocação de custos • Outros tópicos em Contabilidade de Custos <ul style="list-style-type: none"> - Variação de custos - Utilização de custos para tomada de decisão • Práticas de custos
Contabilidade de Custos <ul style="list-style-type: none"> • Contabilidade total de custos (<i>Cost accounting overall</i>) • Alocação de custos • Custeio baseado em atividades • Custeio de produtos • Variação de custos 	Controle <ul style="list-style-type: none"> • Orçamentação (<i>budgeting</i>) • Orçamento de capital • Mensuração e avaliação de desempenho • Controle organizacional • Controle internacional
Gestão de Custos <ul style="list-style-type: none"> • Qualidade • <i>Just in Time</i> • Utilização de custos para tomada de decisão • <i>Benchmarking</i> • História 	Outros Tópicos <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de informação contábil • <i>Benchmarking</i> • Gestão da qualidade total • <i>Just in time</i> • Métodos de pesquisa • Gestão estratégica • Preços de transferência
Direcionadores de custos	
Contabilidade Gerencial, informação e sistemas	
Métodos de pesquisa e Teorias	
Orçamento de capital e decisões de investimento	

Fonte: Adaptado de Shields (1997) e Hesford et al. (2007)

De acordo com Saraiva Jr., Alcalde e Costa (2009), os tópicos apresentados por Shields (1997) foram utilizados para caracterizar o estado da pesquisa em Contabilidade Gerencial em relação aos artigos publicados por pesquisadores norte-americanos durante os sete primeiros anos da década de 90. Outras classificações da pesquisa em Contabilidade Gerencial foram propostas, tais como a de Hesford *et al.* (2007) que ampliaram o estudo de Shields (1997) para o período entre 1981 e 2000 apresentando uma nova taxonomia dos tópicos de pesquisa em Contabilidade Gerencial.

Tomando como base as taxonomias apresentadas no Quadro 2, pode-se afirmar que a decisão de *mix* de produtos a ser investigada na corrente tese possui potencial de contribuição e mais aderência com o tópico de pesquisada Contabilidade Gerencial: utilização de custos para tomada de decisão.

1.3 ENUNCIADO DA PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Os modelos de decisão (nos termos de Kee e Schmidt (2000)), seleção (nos termos de Vasant e Barsoum (2006)), otimização (nos termos de Wang *et al.* (2009)), determinação (nos termos de Kasilingam (1992)), composição ótima (nos termos de Martins e Rocha (2010)) ou priorização (nos termos de Azadegan *et al.* (2011)) de *mix* de produtos são dedicados ao tratamento da mesma problemática: como definir o *mix* de produção e venda de produtos ideal para um determinado período de forma a maximizar o resultado econômico (ex: lucro operacional) da empresa? Em outras palavras, tal como pontuam Mabin e Davies (2003, p. 669), “subjacente ao problema de decisão de *mix* de produtos está o dilema: quais produtos devem ter prioridade de produção e venda?”

Esse tipo de questionamento está presente no pensamento de gestores de empresas, independente da estrutura de mercado (monopólio, oligopólio, concorrência perfeita, etc.) no qual a organização está inserida, pois saber “o quê”, “quanto” e “quando” produzir são perguntas-chave para qualquer tipo de negócio, seja este de bens manufaturados ou de serviços. Desta forma, problemas de decisão de *mix* de produtos verificam-se como uma das questões mais fundamentais na manufatura (BEGED-DOV, 1983; WANG *et al.*, 2009), tendo um papel importante

na predição de retornos futuros e na robustez econômica das empresas (HASUIKE; ISHII, 2009a).

No tocante a empresas que trabalham com um único tipo de produto, as técnicas de análise aportadas no campo da microeconomia (ex: análise de custos e receitas marginais) deram importantes contribuições para a determinação da quantidade ótima de produtos a serem produzidos e vendidos (MANKIW, 2001; GREMAUD, et al., 2002.; MCGUIGAN; MOYER; HARRIS, 2004).

No entanto, o crescente aumento da variedade de produtos exigidos pelos consumidores com a abertura do mercado internacional e a consequente elevação da complexidade do processo produtivo (nos termos de Cooper e Kaplan (1988), no tocante a processos de engenharia, de garantia de qualidade, de programação e de processamento da produção, entre outros), fizeram com que os modelos de otimização provindos da economia pautados unicamente na análise marginal de custos e receitas perdessem poder explicativo e normativo.

Para preencher essa lacuna, os campos da Engenharia de Produção, da Pesquisa Operacional e da Contabilidade Gerencial apresentaram conceitos e técnicas voltados ao entendimento do processo produtivo e dos custos das atividades empresariais. Pode ser destacado o desenvolvimento de modelos de programação matemática (ex: programação linear), de métodos/sistemas de custeio (ex: custeio variável e custeio baseado em atividades) e de metodologias de gestão da produção (ex: Teoria das Restrições).

Todas essas contribuições foram importantes para o aprimoramento do processo de planejamento de operações no cenário de produção de multiprodutos. No tocante à decisão de *mix* de produtos não foi diferente. A partir da segunda metade do século XX, modelos matemáticos (ex: HODGES; MOORE, 1970; GRINNELL; 1976) e heurísticas (ex: GOLDRATT, 1990a) foram desenvolvidos com o intuito de determinar as quantidades e os tipos de produtos a serem produzidos e comercializados pela empresa em um determinado período de análise. Numa perspectiva histórica, a evolução dos modelos de decisão de *mix* de produtos tem relação direta com o desenvolvimento de duas vertentes interrelacionadas:

1. Novas formas de atribuir/alocar custos e calcular lucratividade de produtos.

Os modelos de decisão de *mix* produtos utilizam informações sobre

lucratividade que é determinada a partir de análises e confrontos entre os preços de vendas e os custos dos produtos (ou, numa perspectiva expandida, dos gastos), custos esses cuja atribuição e alocação aos produtos são influenciadas pelos métodos de custeio. Tal afirmação pode ser constatada a partir da análise dos trabalhos de: (1a) Grinnell (1976) que comparou um modelo de decisão de *mix* de produtos baseado no método de custeio por absorção com outro baseado no método de custeio direto/variável; (1b) Patterson (1992) que comparou um modelo de decisão de *mix* de produtos baseado na Teoria das Restrições com outro baseado no método de custeio direto/variável; (1c) Kee (1995), Kee e Schmidt (2000) e Kee (2001) que compararam modelos de decisão de *mix* de produtos baseado na Teoria das Restrições com modelos baseados no método de custeio baseado em atividades; (1d) Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2010b) que propuseram, na forma de heurística, um modelo de decisão de *mix* de produtos para ambientes de manufatura com única restrição tomando como base o método de custeio baseado em atividades e tempo.

2. Novos métodos matemáticos e algoritmos. Tal afirmação pode ser constatada a partir da análise dos trabalhos de: (2a) Byrd Jr. e Moore (1978) que utilizaram programação linear para construir um modelo de decisão de *mix* de produtos; (2b) Onwubolu e Muting (2001a; 2001b) que trabalharam a seleção de *mix* de produtos a partir do uso de algoritmos genéticos; (2c) Onwubolu (2001) que propôs um modelo de decisão de *mix* de produtos a partir do uso de algoritmos *tabu search-based*; (2d) Vasante e Barsoum (2006) e Karakas *et al.* (2010) que abordaram a decisão de *mix* de produtos a partir do uso de programação linear *fuzzy*; (2e) Wu, Chang e Chiou (2006) que fizeram o uso de um algoritmo *psyco-clonal* para construir um modelo de seleção de *mix* de produtos; (2f) Nazari-Shirkouh *et al.*, (2010) que abordaram heuristicamente a decisão de *mix* de produtos utilizando algoritmo *imperialist competitive*; (2g) Ray, Sankar e Sanyal (2010; 2011) e Wang *et al.* (2014) que utilizaram o método AHP (*analytic hierarchy process*) no desenvolvimento de uma heurística aplicada à decisão de *mix* de produtos; (2h) Susanto e Bhattacharya (2011) que desenvolveram um modelo de decisão de *mix* de produtos a partir da utilização de programação linear *fuzzy* multi-objetivo; e

(2i) Sobreira e Nagano (2012) que abordaram a decisão de *mix* de produtos a partir da proposição de um modelo baseado em heurística construtiva;

A presente pesquisa busca contribuir para o campo de decisão de *mix* de produtos seguindo a primeira vertente na medida em que aborda a proposição de um modelo de decisão de *mix* de produtos incorporando o custeio baseado em atividades e tempo (do inglês *time-driven activity-based costing* – TDABC). O TDABC foi lançado na literatura no início da década de 2000 por Kaplan e Anderson (2003; 2004), foi detalhado através de um livro lançado em 2007 e é tido como a "mais recente inovação" em termos de sistemas de custeio de produtos lançada na literatura (BALAKSHINAN; LABRO; SIVARAMAKRISHNAN, 2012, p. 16).

Em uma das primeiras páginas do livro seminal de Kaplan e Anderson (2007a, p. 5), é explicitado que, com o uso do TDABC, "os gestores passam a dispor de informações exatas sobre custo e lucratividade, a fim de definir prioridades para melhorar os processos, racionalizar a variedade e o *mix* de produtos [...]". Entretanto, a despeito de Kaplan e Anderson (2007) mencionarem a possibilidade de utilização do TDABC na decisão de *mix* de produtos, os referidos autores não expuseram/detalharam um modelo decisão específico para tal.

Nesse sentido, Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2010) propõem um modelo de decisão de *mix* de produtos incorporando sob a perspectiva do TDABC, modelo este voltado para operações com uma restrição do tipo *hard* e baseado em heurística aos moldes do modelo ABC operacional de Kee (2001). Entretanto, como lacuna teórica, verifica-se que a incorporação do TDABC na decisão de *mix* de produtos considerando ambientes de manufatura com múltiplas restrições tipo *hard* ainda não foi explorada diretamente pela literatura. Deste modo, o esforço de pesquisa da corrente tese visa contribuir para o preenchimento desta lacuna identificada.

Para tal, este trabalho realiza uma discussão acerca da pesquisa acadêmica sobre decisão de *mix* de produtos e sobre métodos de custeio de forma mais ampla, crítica e aprofundada que a empreendida seminalmente por Saraiva Jr. (2010), destacando o impacto dos diferentes métodos de custeio na decisão de *mix* de produtos, com destaque ao TDABC. Ainda, nesta tese, realiza-se uma modelagem matemática e são utilizados métodos e artefatos já consolidados na literatura do campo da

Pesquisa Operacional, tais como a programação linear, o método simplex, a heurística *branch-and-bound* e o aplicativo Solver[®]. Tais artefatos e procedimentos considerados nesta tese já foram recorrentemente abordados e utilizados em trabalhos sobre decisão de *mix* de produtos, tais como os de Plenert (1993), Kee (1995) e Kee e Schmidt (2000), por exemplo, porém não sob a perspectiva do TDABC.

Para direcionar o estudo tendo em vista o preenchimento da lacuna identificada, a seguinte pergunta de pesquisa é designada: como propor um modelo de decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva do custeio baseado em atividades e tempo para operações com múltiplas restrições?

1.4 OBJETIVO DA PESQUISA

Esta pesquisa possui como objetivo propor um modelo de decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva do custeio baseado em atividades e tempo para operações com múltiplas restrições.

1.5 METODOLOGIA

Para cumprir o objetivo explicitado e responder à pergunta de pesquisa, o presente estudo foi realizado em três momentos. No primeiro momento, foram realizadas uma análise bibliométrica e uma análise de citações para identificar os principais pesquisadores (a “tribo”, nos termos de Fleury (2012, p. 39)) e caracterizar as publicações acadêmicas sobre o tema principal desta tese, ou seja, a (i) decisão de *mix* de produtos, e sobre o tema complementar (ii) custeio baseado em atividades e tempo. Com a realização do primeiro momento da pesquisa, buscou-se responder aos seguintes questionamentos:

- Quais são os destaques da pesquisa sobre decisão de *mix* de produtos e sobre custeio baseado em atividades e tempo no cenário mundial (instituições, países, autores e periódicos de veiculação)?

- Quais são os tipos de pesquisas mais utilizados nas publicações acadêmicas sobre decisão de *mix* de produtos e sobre custeio baseado em atividades e tempo veiculadas em periódicos internacionais?

O segundo momento foi consagrado à realização de uma pesquisa bibliográfica (varredura vertical) para construir a evolução histórica, posicionar teoricamente o tema principal da pesquisa e identificar lacunas teóricas, além de buscar teorias e técnicas com vistas ao preenchimento das lacunas identificadas. Ainda, foram apresentadas e discutidas contribuições teóricas sobre os métodos de custeio, com destaque ao custeio baseado em atividades e tempo. Com a realização do segundo momento da pesquisa, buscou-se responder aos seguintes questionamentos:

- Como evoluiu historicamente e está posicionada a discussão acadêmica sobre decisão de *mix* de produtos e sobre métodos de custeio, com destaque ao custeio baseado em atividades e tempo?
- Como a decisão de *mix* de produtos pode ser impactada pelas diferentes perspectivas dos métodos de custeio?

Convém ressaltar que, para facilitar a compreensão de conceitos e métodos apresentados na pesquisa bibliográfica acerca do impacto dos métodos de custeio na decisão de *mix* de produtos, fez-se o uso de exemplos numéricos/didáticos/ilustrativos.

No terceiro momento, foi abordada a modelagem quantitativa para fundamentar metodologicamente a proposição do modelo de decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva do custeio baseado em atividades e tempo para operações com múltiplas restrições.

A seguir, são descritos os três momentos juntamente com os métodos e instrumentos de pesquisa utilizados.

1.5.1 Análise Bibliométrica e Análise de Citações

Os primeiros estudos de análise bibliométrica ocorreram no início do século XX e seu conceito pode ser encontrado em Spinak (1996, p.34) como “aplicação de análises estatísticas para estudar as características do uso e criação de

documentos”. Em outras palavras, a análise bibliométrica, também conhecida como bibliometria, consiste na aplicação da estatística à bibliografia (FONSECA, 1986). Dentre os métodos quantitativos utilizados para medir e avaliar o conhecimento científico encontra-se a bibliometria que possui como vantagem a possibilidade de amenizar elementos de julgamento individuais (cada artigo ou autor) e produzir resultados quantitativos que tendem a ser a soma de muitos pequenos julgamentos e apreciações realizados por várias pessoas (CASTRO, 1997).

Pesquisas científicas têm utilizado a bibliometria em diversas áreas e para diversos fins, tais como medida de produtividade de autores mediante a construção de distribuições de frequência de trabalhos publicados, medidas de frequência do aparecimento de palavras ou expressões em textos sobre um assunto específico e medidas de desempenho sobre núcleos e áreas de dispersão sobre determinado assunto (ARAUJO, 2006; CARDOSO *et al.*, 2005; NEELY, 2005).

Conjuntamente com a aplicação de outro método, a análise de citações, que consiste na contagem das citações nos documentos científicos, podem ser levantadas tendências de concentração de publicações em campos de pesquisa, em instituições, em países, em autores e em veículos de divulgação (ex: periódicos) das pesquisas (ARAUJO, 2006; MOREL; MOREL, 1977). Desta forma, a análise bibliométrica aplicada conjuntamente à análises de citações verifica-se fundamental para o entendimento da comunicação científica (ROUSSEAU, 1998).

No que concerne à corrente tese, buscou-se entender e caracterizar a comunicação científica sobre os temas (i) decisão de mix de produtos e (ii) custeio baseado em atividades e tempo. Para caracterizar a produção acadêmica internacional sobre os temas supracitados, foram realizadas análises bibliométricas e análises de citações das publicações que foram veiculadas em periódicos com potencial de contribuição aos campos da Engenharia de Produção e da Contabilidade Gerencial.

Nas seções seguintes, são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para realizar as análises bibliométricas e as análises de citações da corrente pesquisa.

1.5.1.1 Análise bibliométrica / análise de citações das publicações internacionais

Inicialmente, foi realizada uma observação global sobre os mais diversos estudos empreendidos e publicados internacionalmente que apresentassem algum indício de possível contribuição para a pesquisa sobre decisão de mix de produtos e sobre custeio baseado em atividades e tempo.

As fontes para a obtenção da massa de dados para fomentar essa observação global foram os portais EBSCO (2014), ProQuest (2014), Scopus (2014), Web of Science (2014) e Science Direct (2014). Os cinco portais disponibilizam um amplo acervo que condensa as publicações internacionais dos mais variados temas de periódicos (acadêmicos e não acadêmicos), dissertações, teses, livros e congressos científicos. Dessa forma, a amplitude de informações sobre publicações de pesquisas internacionais presentes no acervo do EBSCO, do ProQuest, do Scopus, do Web of Science e do Science Direct justifica a escolha destas fontes de dados para a corrente pesquisa.

A análise bibliométrica e a análise de citações das publicações internacionais sobre decisão de mix de produtos foram realizadas em três etapas. A primeira etapa foi consagrada ao levantamento bibliográfico dos trabalhos acadêmicos construídos em torno de cada temática que foram veiculados em periódicos internacionais. Na segunda etapa, foi realizada uma análise bibliométrica das publicações prospectadas com o intuito de as caracterizar em termos de distribuição temporal das publicações, periódicos de veiculação, países das instituições às quais os autores dos artigos são filiados e tipos de pesquisa utilizados. Na terceira etapa, foram identificados os destaques em termos de autores e publicações mais citados. As Figuras 3 e 4 apresentam a estrutura geral da metodologia utilizada nesta parte da pesquisa para caracterizar as publicações internacionais sobre os temas decisão de mix de produtos e custeio baseado em atividades e tempo, respectivamente.

Figura 3 - Estrutura da análise bibliométrica / análise de citações realizada acerca das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema "decisão de *mix* de produtos"

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4 - Estrutura da análise bibliométrica / análise de citações realizada acerca das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema "custeio baseado em atividades e tempo"

Fonte: Elaborado pelo autor

1.5.1.1.1 Primeira etapa da análise bibliométrica / análise de citações das publicações internacionais

O levantamento inicial consistiu em uma busca, pelos portais de periódicos da internet EBSCO, Scopus, ProQuest, Web of Science e Science Direct, de todas as publicações acadêmicas realizadas que possuísem em seu título a expressão "product mix", seguindo os critérios apontados nas Figuras 5, 6, 7, 8 e 9 respectivamente. Convém observar que, dada a amplitude da expressão utilizada na prospecção, optou-se pelo uso somente do título dos artigos como campo de busca.

Figura 5 - Pesquisa realizada no EBSCO das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema “decisão de *mix* de produtos”

Nova pesquisa Assuntos Publicações Informações da empresa Mais Registrar

Pesquisando: Academic Search Premier, Exibir tudo Escolher bases de dados

product mix TI Title Pesquisar Criar Alerta Limpar ?

AND Selecionar um ca... AND Selecionar um ca... + -

Pesquisa básica Pesquisa avançada Histórico de pesquisa

Opções de pesquisa

Pesquisar modos e expansores

Modos de pesquisa ?

☒ Booleano/Frase

☐ Localizar todos os meus termos de pesquisa

☐ Localizar qualquer um dos meus termos de pesquisa

☐ Pesquisa SmartText [Dica](#)

Aplicar palavras relacionadas ☐

Pesquisar também no texto completo dos artigos ☐

Limitar resultados:

Texto completo ☐

Revistas acadêmicas (analisadas por especialistas) ☒

Referências disponíveis ☐

Data de publicação

Janeiro Ano: 1900 - Setembro Ano: 2014

Fonte: EBSCO (2014)

Figura 6 - Pesquisa realizada no Scopus das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema “decisão de *mix* de produtos”

Scopus

Search | Alerts | My list | Settings Help an

Scopus releases updated analytical features, read more on the [blog](#).

Document search | Author search | Affiliation search | Advanced search Browse Sources Compare journals

product mix Article Title ?

+ Add search field

Limit to:

Date Range (inclusive)

☒ Published All years to Present

☐ Added to Scopus in the last 7 days

Document Type

Article or Review

Subject Areas

☐ Life Sciences (> 4,300 titles.)

☐ Health Sciences (> 6,800 titles. 100% Medline coverage)

☒ Physical Sciences (> 7,200 titles.)

☒ Social Sciences & Humanities (> 5,300 titles.)

Fonte: Scopus (2014)

Figura 7 - Pesquisa realizada no ProQuest das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema “decisão de *mix* de produtos”

Busca básica | Avançado ▼ | Publicações | Navegar

Preferências | Português (BR)

ProQuest

Busca avançada

Figuras e tabelas | Consultar citação | Linha de comando | Localizar similar | Dados e relatórios

Tesouro | Códigos de campo

product mix em Título do documento – TI

AND () OR () em Qualquer lugar

AND () OR () em Qualquer lugar

Adicionar uma caixa de busca | Remover uma caixa de busca

Buscar

Nem todos os bancos de dados selecionados retornarão resultados para esse campo.

Opções de busca

Limitar a: ☐ Texto completo ☒ Revisado por especialistas *i*

Data de publicação: Antes desta data... ▼

Buscar documentos publicado em um ano, mês ou data específica ou antes

1 Setembro 2014 (aaaaa)

Buscar nas áreas de conhecimento

Use formulários personalizados para esse assunto.

Fonte: ProQuest (2014)

Figura 8 - Pesquisa realizada no Web of Science das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema “decisão de *mix* de produtos”

Web of Science™ | InCites® | Journal Citation Reports® | Essential Science Indicators™ | EndNote® | Entrar

WEB OF SCIENCE™

Pesquisa Todas as bases de dados ▼

Minhas ferramentas ▼ Histórico de pesquisas

Bem-vindo ao novo Web of Science!

Pesquisa Básica

"product mix" + Adicionar outro campo | Limpar todos os campos

Título ▼ Pesquisa

TEMPO ESTIPULADO

☒ Todos os anos ▼

☐ De 1900 ▼ até 2014 ▼

Fonte: Web of Science (2014)

Figura 9 - Pesquisa realizada no Science Direct das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema “decisão de *mix* de produtos”

The screenshot displays the ScienceDirect search interface. At the top, the ScienceDirect logo is on the left, and 'Journals | Books' is on the right. Below the logo is a search bar with the text 'Search all fields'. To the right of the search bar are two input fields: 'Author name' and 'Journal or book title', followed by a 'Volume' field. Below these fields are four tabs: 'All', 'Journals', 'Books', 'Reference Works', and 'Images'. To the right of these tabs are links for 'Advanced search' and 'Expert search'. Below the tabs is a 'Search tips' link with a question mark icon. The main search area is titled 'Search for' and contains a text input field with the text 'product mix'. To the right of this field is a dropdown menu with 'Title' selected. Below the first search field is a dropdown menu with 'AND' selected. To the right of this dropdown is another text input field, which is currently empty. To the right of this empty field is a dropdown menu with 'All Fields' selected. Below the search fields is a section titled 'Refine your search'. It contains two columns of checkboxes. The first column has 'Journals' (checked) and 'Books' (unchecked). The second column has 'All' (checked), 'My Favorites' (unchecked), 'Subscribed publications' (unchecked), and 'Open Access articles' (unchecked). Below the checkboxes is a list box showing a selection of categories: '- All Sciences -', 'Agricultural and Biological Sciences', 'Arts and Humanities', and 'Biochemistry, Genetics and Molecular Biology'. To the right of the list box is a note: 'Hold down the Ctrl key (or Apple Key) to select multiple entries.' At the bottom of the search area are two radio buttons: 'All Years' (selected) and '2004' (unchecked). To the right of the '2004' radio button is a dropdown menu with '2004' selected. To the right of this dropdown is the text 'to:' followed by another dropdown menu with 'Present' selected.

Fonte: Science Direct (2014)

Procedimento similar foi realizado para prospectar publicações acadêmicas que possuísem o termo “TDABC” nos portais EBSCO, Scopus, ProQuest, Web of Science e Science Direct, seguindo os critérios apontados nas Figuras 10, 11, 12, 13 e 14, respectivamente. Convém observar que, como o termo de busca se tratava de uma sigla específica, foram considerados como campos de busca o título, o resumo e as palavras-chave dos artigos, sempre que possível.

Figura 10 - Pesquisa realizada no EBSCO das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema “custeio baseado em atividades e tempo”

The screenshot shows the EBSCO search interface. At the top, there are navigation links: Nova pesquisa, Assuntos, Publicações, Informações da empresa, and Mais. A search bar contains the text 'Pesquisando: Academic Search Premier, Exibir tudo | Escolher bases de dados'. Below the search bar, there are input fields for 'TDABC' and 'TI Title', and buttons for 'Pesquisar', 'Criar Alerta', and 'Limpar'. There are also dropdown menus for 'OR', 'AND', and 'Selecione um ca...'. Below the search bar, there are links for 'Pesquisa básica', 'Pesquisa avançada', and 'Histórico de pesquisa'. A section titled 'Opções de pesquisa' contains 'Pesquisar modos e expansores' with radio buttons for 'Modos de pesquisa' (Boolean/Frase, Localizar todos os meus termos de pesquisa, Localizar qualquer um dos meus termos de pesquisa, Pesquisa SmartText) and checkboxes for 'Aplique palavras relacionadas' and 'Pesquisar também no texto completo dos artigos'. There is also a 'Limitar resultados:' section with checkboxes for 'Texto completo' and 'Revistas acadêmicas (analisadas por especialistas)'. At the bottom, there is a 'Data de publicação' section with dropdown menus for 'Janeiro', 'Ano: 1900', 'Setembro', and 'Ano: 2014'.

Fonte: EBSCO (2014)

Figura 11 - Pesquisa realizada no Scopus das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema “custeio baseado em atividades e tempo”

The screenshot shows the Scopus search interface. At the top, there is a navigation bar with links: Search, Alerts, My list, Settings, and Help. Below the navigation bar, there is a banner for 'Scopus releases updated analytical features, read more on the blog.' The main search area is titled 'Document search' and includes links for 'Author search', 'Affiliation search', and 'Advanced search'. There are also links for 'Browse Sources' and 'Compare journals'. The search bar contains the text 'TDABC' and a dropdown menu for 'Article Title, Abstract, Keywords'. Below the search bar, there is a 'Limit to:' section with radio buttons for 'Date Range (inclusive)' (Published, Added to Scopus in the last) and a dropdown menu for 'Document Type' (Article or Review). There is also a 'Subject Areas' section with checkboxes for 'Life Sciences (> 4,300 titles.)', 'Health Sciences (> 6,800 titles. 100% Medline coverage)', 'Physical Sciences (> 7,200 titles.)', and 'Social Sciences & Humanities (> 5,300 titles.)'.

Fonte: EBSCO (2014)

Figura 12 - Pesquisa realizada no ProQuest das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema “custeio baseado em atividades e tempo”

Busca básica | Avançado ▼ | Publicações | Navegar

ProQuest

Busca avançada

Figuras e tabelas | Consultar citação | Linha de comando | Localizar similar | Dados e relatórios

Tesouro | Códigos de campo

TDABC em Título do documento – TI

OR (TDABC) em Resumo – AB

AND () em Qualquer lugar

Adicionar uma caixa de busca | Remover uma caixa de busca

Buscar

Nem todos os bancos de dados selecionados retornarão resultados para esse campo.

Opções de busca

Limitar a: ☐ Texto completo ☒ Revisado por especialistas ⓘ

Data de publicação: Antes desta data... ▼

Buscar documentos publicado em um ano, mês ou data específica ou antes

1 Setembro 2014 (aaaaa)

Buscar nas ár

Use formulários personalizados assunto.

Fonte: ProQuest (2014)

Figura 13 - Pesquisa realizada no Web of Science das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema “custeio baseado em atividades e tempo”

Web of Science™ InCites® Journal Citation Reports® Essential Science Indicators™ EndNote® Entr

WEB OF SCIENCE™

Pesquisa Todas as bases de dados ▼

Minhas ferramentas ▼ Histórico de

Bem-vindo ao novo Web of Science

Pesquisa Básica

TDABC Tópico Pesquisa

+ Adicionar outro campo | Limpar todos os campos

TEMPO ESTIPULADO

☒ Todos os anos ▼

☐ De 1900 ▼ até 2014 ▼

Fonte: Web of Science (2014)

Figura 14 - Pesquisa realizada no Science Direct das publicações acadêmicas internacionais sobre o tema “custeio baseado em atividades e tempo”

The screenshot displays the ScienceDirect search page. At the top, there's a green header with the ScienceDirect logo and links for 'Journals' and 'Books'. Below the header, there are search input fields for 'Search all fields', 'Author name', 'Journal or book title', and 'Volume'. A navigation bar includes tabs for 'All', 'Journals', 'Books', 'Reference Works', and 'Images', along with links for 'Advanced search' and 'Expert search'. The main search area is titled 'Search for' and contains a search box with 'TDABC' and a dropdown menu set to 'Abstract, Title, Keywords'. Below this, there's a section for 'Refine your search' with checkboxes for 'Journals', 'Books', 'All', 'My Favorites', 'Subscribed publications', and 'Open Access articles'. A dropdown menu for subject areas is open, showing options like 'Agricultural and Biological Sciences', 'Arts and Humanities', and 'Biochemistry, Genetics and Molecular Biology'. At the bottom, there are radio buttons for 'All Years' and '2004' to 'Present'.

Fonte: Science Direct (2014)

Ressalta-se que apenas artigos publicados em periódicos acadêmicos internacionais com potencial de contribuição aos campos da Engenharia de Produção ou da Contabilidade Gerencial foram selecionados na prospecção bibliográfica, sendo desconsiderados artigos constantes em anais de congressos.

Cada artigo resultante das pesquisas nas cinco bases de dados teve o título, o resumo, as palavras-chave, o periódico de veiculação e, em alguns casos, o texto completo analisados para verificar se o foco de contribuição teórica se concentrava

nos campos da decisão/seleção/otimização/determinação/priorização de *mix* de produtos ou do custeio baseado em atividades e tempo. Em seguida, as referências bibliográficas dos artigos selecionados foram analisadas tendo em vista a prospecção de outras publicações acadêmicas de periódicos internacionais que não foram contempladas pelas cinco bases de dados exploradas.

1.5.1.1.2 Segunda etapa da análise bibliométrica / análise de citações das publicações internacionais

Esta etapa foi consagrada à caracterização das publicações acadêmicas extraídas na etapa anterior. Primeiramente, foi elaborado um gráfico para ilustrar a evolução da quantidade de trabalhos publicados (periódicos internacionais) sobre o tema ao longo do tempo. Em seguida, foram construídos quadros com distribuições de frequência (absoluta, relativa e acumulada) e gráficos para caracterizar a distribuição das publicações com relação aos periódicos de veiculação das pesquisas e aos países que sediam as instituições às quais os autores dos artigos são filiados.

A caracterização das publicações seguiu com a análise e a classificação dos tipos/métodos/técnicas de pesquisa (nos termos de Nakano (2014)) ou procedimentos metodológicos de pesquisa (nos termos de Da Silva, Tubino e Seibel (2014)) utilizados em cada publicação. Para esta classificação, foi utilizada a taxonomia proposta por Filippini (1997) que é dedicada às pesquisas realizadas no campo acadêmico da Engenharia de Produção / Gestão de Produção e Operações. A taxonomia é apresentada e descrita no Quadro 3.

Quadro 3 - Taxonomia dos tipos de pesquisa em Gestão de Produção e Operações

Taxonomia dos Tipos de Pesquisa (FILIPPINI, 1997)	Transcrição em português a ser utilizada no corrente estudo	Descrição do Tipo de Pesquisa (BERTO; NAKANO, 2014)
<i>Modelling</i>	Modelagem Matemática/Quantitativa	Uso de técnicas matemáticas para elaborar um modelo matemático ou para descrever o funcionamento de um sistema produtivo ou de parte deste.
<i>Simulation</i>	Simulação	Uso de técnicas computacionais para simular o funcionamento de sistemas produtivos, a partir de modelos matemáticos.
<i>Survey</i>	Survey	Uso de um único instrumento de coleta de dados (em geral um questionário), aplicado a amostras de tamanho grande, com o uso de técnicas de amostragem, inferência e análise

		estatística.
<i>Case Study</i>	Estudo de Caso	Análise aprofundada de um ou mais objetos (casos), com o uso de múltiplos instrumentos de coleta de dados e passível de existir interação entre o pesquisador e o objeto de pesquisa.
<i>Field Study</i>	Pesquisa de Campo	Outros métodos de pesquisa (principalmente de enfoque qualitativo). Presença de dados de campo, sem estruturação formal do método de pesquisa.
<i>Laboratory Experimentation</i>	Experimento	Estudo da relação causal entre duas variáveis de um sistema sob condições controladas pelo pesquisador.
<i>Theoretical/Conceptual</i>	Teórico/Conceitual	Discussões, análises e/ou proposições conceituais conceituais a partir de revisões bibliográficas e baseadas nas percepções e experiências do pesquisador, sem a presença de dados de campo.

Fonte: Adaptado de Filippini (1997) e Berto e Nakano (2014)

A escolha desta taxonomia decorre do fato de esta ter sido recorrentemente utilizada como base para a realização de pesquisas relacionadas à produção acadêmica de periódicos e anais de congressos dedicados ao campo da Engenharia de Produção. Como exemplos nacionais, podem ser citados os trabalhos de Berto e Nakano (1997; 2000; 2014) e de Nakano (2008) em que são efetuados levantamentos dos tipos de pesquisa utilizados em 6987 trabalhos do Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP) de 1996 a 2007. Ainda como exemplo nacional, tem-se o trabalho de Da Silva, Tubino e Seibel (2014) que utilizaram a taxonomia de Filippini (1997) para caracterizar a pesquisa sobre linhas de montagem. Convém ressaltar que Berto e Nakano (1999) delineiam o tipo de pesquisa “*Modelling*” como meramente descritivo. No entanto, a modelagem matemática também pode assumir um caráter normativo, ou seja, desenvolver e indicar políticas, estratégias e ações para solucionar problemas específicos (BERTRAND; FRANSOO, 2002).

Como exemplos internacionais de artigos que utilizaram a taxonomia de Filippini (1997), podem ser citados os produzidos por Nieto *et al.* (1999), por Rungtusanatham *et al.* (2003) e por Saraiva Jr. e Costa (2010b). Seguindo o procedimento de Nakano (2014), a identificação do tipo de pesquisa empregado nas publicações prospectadas foi realizada através da leitura dos resumos e das seções introdutórias de cada artigo, aceitando-se a declaração dos autores quanto ao tipo

de pesquisa utilizado. Quando o exame inicial foi considerado insuficiente para a classificação, as demais seções dos artigos foram examinadas para tal.

Para efeito do corrente estudo, foi apontada a utilização ou não, em cada publicação, de exemplos didáticos/numéricos/ilustrativos para elucidar as proposições e discussões realizadas pelos autores. Convém ressaltar que mais de um tipo de pesquisa foi encontrada em um mesmo artigo, ou seja, houve combinação de tipos de pesquisa. A partir da caracterização dos tipos de pesquisa utilizados nos trabalhos sobre decisão de *mix* de produtos e sobre custeio baseado em atividades e tempo, foi possível visualizar a forma com que os pesquisadores vêm trabalhando os temas e realizando contribuições para a academia.

1.5.1.1.3 Terceira etapa da análise bibliométrica / análise de citações das publicações internacionais

Esta etapa caracterizou-se pela busca dos principais destaques em termos de publicações e autores de pesquisas sobre decisão de *mix* de produtos e custeio baseado em atividades e tempo, além da identificação das instituições às quais esses autores são filiados. Para tal, foi realizada uma análise de citações nas mesmas bases de artigos examinadas na segunda etapa. Para verificar a ocorrência ou não da citação de um determinado autor ou publicação, foram analisadas as referências bibliográficas de cada um dos artigos prospectados. Um autor ou artigo foi contabilizado a cada citação realizada na seção de “referências” das publicações.

Depois de realizada a contabilização, foram construídos quadros com distribuições de frequência (absoluta, relativa e acumulada). Com o intuito de facilitar a visualização dos resultados obtidos, os 20 destaques (com maior frequência relativa de citações) em termos de autores, juntamente com as instituições/países a que são filiados, e de publicações foram projetados através de um quadro que serviu como base para a realização da pesquisa bibliográfica (varredura vertical).

1.5.2 Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica tem por finalidade possibilitar o pesquisador de conhecer as contribuições científicas que se efetuaram em relação a um determinado tema e prospectar se determinadas questões de pesquisas já foram levantadas e respondidas. No entendimento de Ruiz (2002, p. 57) “qualquer espécie de pesquisa, em qualquer área, supõe e exige a pesquisa bibliográfica prévia, quer à maneira de atividade exploratória, quer para o estabelecimento do *status quaestionis*, quer para justificar os objetivos e contribuições da própria pesquisa”.

Uma pesquisa bibliográfica se inicia com um levantamento da bibliografia relevante já publicada em forma de livros, revistas, publicações avulsas e imprensa escrita, ou seja, é desenvolvida com base em material já elaborado (GIL, 2002). A finalidade da pesquisa bibliográfica é colocar o pesquisador em contato direto com tudo aquilo que foi escrito sobre determinado assunto (TRUJILLO, 1982) de forma tal que seja visualizado e compreendido o “estado da arte” do conhecimento sobre o assunto tanto em termos de problemas já definidos e resolvidos, como também em termos de exploração de novas áreas em que os problemas ainda não se cristalizaram suficientemente (MANZO, 1971).

Para efeito do corrente estudo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica que tomou como base as publicações prospectadas na análise bibliométrica, porém, não somente estas. Também foram levantados e trabalhados conceitos, técnicas e métodos relacionados ao tema presentes em livros, teses, dissertações, anais de congressos e artigos não considerados na análise bibliométrica, mas que podem aportar teorias de base para a compreensão dos assuntos em investigação. Os textos selecionados foram submetidos a um processo dialético de reflexão e discussão, nos termos de Rocha e Gonzales (2006). Desta forma, buscou-se posicionar o “estado da arte” dos temas e apontar lacunas teóricas existentes. Além disso, foram prospectadas, no material investigado, teorias e técnicas com vistas ao preenchimento das lacunas identificadas.

1.5.3 Modelagem Quantitativa

Em 2002, uma edição do *International Journal of Operations and Production Management* foi dedicada, exclusivamente, para a discussão sobre metodologias de

pesquisa no campo da Engenharia de Produção. A edição (volume 22, número 2) apresentou quatro trabalhos que se dedicaram às metodologias: *survey* (FORZA, 2002), estudo de caso (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002), pesquisa-ação (COGHLAN; COGHLAN, 2002) e modelagem quantitativa (BERTRAND; FRANSOO, 2002), sendo esta última utilizada na corrente tese.

Bertrand e Fransoo (2002, p. 242) definem a pesquisa baseada em modelagem quantitativa (tradução livre de *model-based quantitative research*) como uma “pesquisa em que modelos de relacionamento causal entre variáveis de controle e variáveis de desempenho são desenvolvidos, analisados ou testados”. Este tipo de pesquisa parte do pressuposto de que é possível construir modelos objetivos que explicam o comportamento de um processo operacional real ou que pode capturar e lidar com problemas de tomada de decisão que são enfrentados por gestores.

Pidd (1999, p. 120) define modelo como uma “representação explícita e externa de parte da realidade tal como vista pelas pessoas que desejam utilizar o modelo para entender, mudar, gerenciar e controlar essa parte da realidade de alguma forma.” Em suma, modelos podem ser vistos como representações do mundo real. Nesse contexto, modelos são ferramentas para auxiliar o pensamento no sentido de que as pessoas os utilizam “para explorar as possíveis consequências das ações antes destas serem realizadas” (PIDD, 1999, p. 119). Na corrente tese, é proposto um modelo quantitativo para abordar a decisão de mix de produtos. No entendimento de Morabito Neto e Pureza (2012, p. 171), modelos quantitativos são:

modelos abstratos descritos em linguagem matemática e computacional, que utilizam técnicas analíticas (matemáticas, estatísticas) e experimentais (simulação) para calcular valores numéricos das propriedades do sistema em questão, podendo ser usados para analisar os resultados de diferentes ações possíveis no sistema. Modelos quantitativos compreendem um conjunto de variáveis de controle que variam em um domínio específico e variáveis de desempenho que inferem a qualidade das decisões obtidas a partir de relações causais e quantitativas definidas entre essas variáveis.

Convém ressaltar que as variáveis de um modelo quantitativo variam em um domínio (ex: problema de decisão) específico e que os relacionamentos entre estas são de natureza de causa-efeito e expressos de forma quantitativa. Como variáveis de desempenho de modelos quantitativos, Bertrand e Fransoo (2002) e Morabito Neto e Pureza (2012) consideram tanto medidas físicas (ex: posição de estoques e taxa de utilização de recursos), como também medidas econômicas (ex: lucros, custos e receitas).

No entendimento de Bertrand e Fransoo (2002), existem quatro tipos de pesquisa baseada em modelagem quantitativa: axiomática-descritiva, axiomática-normativa, empírica-descritiva e empírica-normativa. Enquanto que os modelos axiomáticos são baseados em construções teóricas e o seu desenvolvimento está fortemente ligado à evolução dos métodos e técnicas matemáticas, estatísticas e computacionais (ex: modelos de otimização matemática), os modelos empíricos concernem às pesquisas que visam adequar observações de fenômenos reais (*real-life*) a ações, sendo os modelos provindos de observações empíricas (BERTRAND; FRANSOO, 2002).

As pesquisas quantitativas com caráter descritivo têm como foco a construção de modelos que expliquem e descrevam determinado fenômeno ou processo com o intuito de torná-lo compreensível. Já as pesquisas com caráter normativo objetivam propor modelos com vistas ao desenvolvimento de estratégias, políticas e ações que apresentem resultados superiores aos dos modelos existentes na literatura e ao alcance de uma solução ótima para um determinado problema (BERTRAND; FRANSOO, 2002).

Para efeito da corrente pesquisa, entende-se que é realizada a proposição de um modelo quantitativo de cunho axiomático, pois este se baliza por construções teóricas e não envolve investigações empíricas; e normativo na medida em que indicará ações voltadas para o processo de tomada de decisão sobre *mix* de produtos no contexto de operações com múltiplas restrições. Ainda, o modelo proposto baseia-se na programação linear, inserido na área de programação matemática do campo da Pesquisa Operacional (PO).

Inicialmente, para investigar os procedimentos de realização de estudos na área de Pesquisa Operacional, o autor da corrente tese fez o uso, principalmente, do clássico livro de Hilier e Lieberman (1995), em sua versão original em inglês, e do recente texto de Morabito Neto e Pureza (2012) publicado na forma de capítulo no livro Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. De forma complementar, também foram consultados os livros de Goldbarg e Luna (2005) e de Taha (2008). Na sequência do texto, são apresentadas as principais características das fases relacionadas com estudos de PO e os procedimentos realizados na modelagem quantitativa da corrente tese em cada fase (quando se aplicar). Convém observar que os procedimentos da modelagem realizados são detalhados no capítulo 5 desta tese.

De acordo com Hilier e Lieberman (1995) e Morabito Neto e Pureza (2012), os estudos na área de pesquisa operacional envolvem as seguintes fases: (i) definição do problema; (ii) construção do modelo; (iii) solução do modelo; (iv) teste / validação do modelo; e (v) implementação do modelo.

1.5.1 Definição do Problema

Na fase de definição do problema, Hilier e Lieberman (1995) e Morabito Neto e Pureza (2012) apontam que são definidos o escopo do problema, as decisões de interesse, os objetivos envolvidos e o modelo conceitual do problema que, por sua vez, envolve a descrição das alternativas de decisões e das limitações sob as quais o sistema modelado funciona. Hilier e Lieberman (1995, p. 9) considera que a definição do problema como uma fase “crucial” para todo estudo de PO, e usa como explicação para tal adjetivação a seguinte frase de impacto: “é difícil extrair uma resposta certa para um problema incorreto!”.

Na modelagem quantitativa desta tese, definiu-se como escopo “a empresa como todo”, pois o problema abordado foi a decisão de mix de produtos que, por sua vez, impacta o resultado da organização como um todo. Como decisão de interesse, definiu-se a quantidade a ser produzida de cada tipo de produto em um determinado horizonte de planejamento (1 ano). Como objetivo, definiu-se a maximização do lucro operacional estimado da empresa para o período em análise. O modelo conceitual, então, foi definido tendo como base a pesquisa bibliográfica realizada. Tal procedimento está de acordo com Morabito Neto e Pureza (2012, p. 185): “na pesquisa axiomática, o problema é idealizado, e o modelo conceitual em geral é tomado da literatura ou é uma variação de um modelo conceitual estudado anteriormente”.

1.5.1 Construção do Modelo

Na fase de construção do modelo, de acordo com Hilier e Lieberman (1995) e Morabito Neto e Pureza (2012), constrói-se um modelo matemático que represente

o problema (ex: empresarial) definido na fase anterior na forma de sistemas de equações. No modelo matemático, os seguintes elementos são definidos:

- Função objetivo: é a expressão matemática da variável de desempenho a ser maximizada (ex: lucro) ou minimizada (ex: custo total). É expressa com relação às variáveis de decisão do modelo.
- Variáveis de decisão: são a “resposta” ao problema, ou seja, as soluções ao problema que podem ser quantificadas.
- Restrições: são expressões matemáticas (equações ou inequações) ou condições balizadoras dos valores que as variáveis de decisão podem assumir.
- Parâmetros: são os coeficientes relacionados à função objetivo e às restrições. São as variáveis de entrada (dados) coletadas/levantadas para o problema.

De acordo com Hilier e Lieberman (1995, p. 12), o modelo matemático serve para explitar que “o problema é escolher os valores das variáveis de decisão que maximizem [ou minimizem] a função objetivo, sujeito às restrições especificadas”. Morabito Neto e Pureza (2012, p. 186) pontuam que, “em geral, o modelo matemático construído a partir do modelo conceitual é baseado em outros modelos matemáticos da literatura”. Ainda, de acordo com Morabito Neto e Pureza (2012, p. 186),

além do processo de coleta de dados para determinar parâmetros para o modelo, também é comum nessa fase a realização de análises e experimentos preliminares com o modelo, a fim de se obter maior *insight* sobre o comportamento e a adequação do modelo.

Na modelagem quantitativa desta tese, definiu-se como função objetivo a maximização do lucro operacional estimado da empresa para o horizonte de planejamento (ex: ano). Desta forma, o lucro operacional foi definido como a variável de desempenho.

Duas variáveis de decisão foram inicialmente estabelecidas. A primeira tratou-se das (i) quantidades a serem produzidas de cada tipo de produto (é a “decisão de *mix* de produtos”) que podem pertencer ao conjunto dos números reais, caso haja a possibilidade de produção fracionada (ex: mineração e produção de sal), ou ao conjunto dos números inteiros, caso a produção seja discreta (ex: produção de geladeira e de televisores). A segunda tratou-se das (ii) variáveis binárias que

representavam se o produto de um tipo específico deveria ser produzido ou não no horizonte de planejamento.

Após análises e testes preliminares com o modelo, verificou-se a necessidade de se introduzir mais uma variável de decisão para tornar o modelo válido, (iii) o número de lotes (pertencente ao conjunto dos números inteiros) a serem produzidos por tipo de produto. Nesse sentido, vale explicitar a afirmação de Hilier e Lieberman (1995, p. 12) de que, embora considerando que testes do modelo podem ser realizados em fases posteriores, “muito do trabalho de validação do modelo realmente é conduzido durante a fase de construção do modelo”.

As restrições estabelecidas se relacionaram à capacidade dos recursos produtivos, à demanda de cada tipo de produto e à necessidade de se ter número de lotes expressos em números inteiros, por exemplo. Os parâmetros foram estruturados de acordo com as premissas do TDABC. Ainda, os parâmetros coletados não foram reais, mas sim, supostos, pois foi utilizado um exemplo didático/numérico de uma operação de manufatura de suportes metálicos para ilustrar a aplicação do modelo proposto. Ressalta-se que a utilização de exemplos didáticos/numéricos está em consonância com grande parte das pesquisas sobre decisão de *mix* de produtos, tais como as de Plenert (1993), Kee (1995; 2001), Kee e Schmidt (2000), Sobreiro e Nagano (2012). A comprovação desta afirmação pode ser visualizada na seção 2.2 - Resultados da Segunda Etapa da Análise Bibliométrica das Publicações Sobre o Tema Decisão de *Mix* de Produtos.

No entendimento de Hilier e Lieberman (1995, p. 13)

como um modelo é necessariamente uma idealização abstrata do problema, então aproximações e suposições simplificadoras geralmente são necessárias para tornar o modelo tratável (capaz de ser resolvido). Portanto, cuidados devem ser tomados para garantir que o modelo permaneça uma representação válida da realidade.

Nesse sentido, o modelo matemático proposto foi baseado em programação linear (PL). De acordo com Hilier e Lieberman (1995, p. 12), no modelo baseado em PL, “as funções matemáticas que aparecem tanto na função objetivo, quanto nas restrições são funções lineares”. Como exemplo de problema abordado pela PL, cita Hilier e Lieberman (1995, p. 12), está a “determinação do *mix* de produtos que maximiza o lucro”.

De forma específica, o modelo proposto trata-se de um modelo de programação linear inteira (PLI) em que, nas palavras de com Morabito Neto e Pureza (2012, p. 190), “as funções são lineares nas variáveis; entretanto, os valores destas são limitados a [números] inteiros (isto é 0, 1, 2,...)”. Ainda, o modelo proposto envolveu variáveis binárias (ou seja, 0 ou 1). Esse pressuposto da linearidade das funções (ex: função custo) é considerado em vários trabalhos sobre decisão de *mix* de produtos (ex: PLENERT, 1993; KEE; SCHIMIDT, 2000; SOBREIRO; NAGANO, 2010) e na literatura sobre métodos de custeio (ex: BALAKSHINAN; LABRO; SIVARAMAKRISHNAN, 2012a; 2012b).

1.5.3 Solução do Modelo

Na fase de solução do modelo,

métodos de solução e algoritmos são utilizados para resolver o modelo da segunda fase, em geral utilizando *software* e *hardware* computacionais [...]. Esses algoritmos podem ser conhecidos da literatura da pesquisa operacional ou desenvolvidos especificamente para tratar o modelo da segunda fase. (MORABITO NETO; PUREZA, 2012, p. 187).

Para os modelos de programação linear, Goldberg e Luna (2005) apontam como vantagem a eficiência dos algoritmos de solução hoje existentes, disponibilizando alta capacidade de cálculo e a possibilidade de serem implementados através de aplicativos específicos, tais como Lindo[®], o Xpress[®], ou, inclusive, através de planilhas eletrônicas (ex: aplicativo Solver[®] incorporado ao Microsoft Office Excel[®]) com o uso de microcomputadores pessoais.

Nesse sentido, a solução do modelo de decisão de *mix* de produtos foi visualizada através do exemplo numérico/ilustrativo envolvendo uma operação de manufatura de suportes metálicos (produzidos em números inteiros). Os parâmetros do problema, a função objetivo e as expressões matemáticas das restrições foram modelados e organizados em planilhas eletrônicas. Para implementar a solução do problema, foi utilizado o aplicativo Solver[®] desenvolvido pela Frontline Systems e incorporado ao *software* Office Excel[®] da Microsoft Corporation em 1991 (FYLSTRA *et al.*, 1998).

Destaca-se que a resolução do problema através da operacionalização do aplicativo Solver[®] foi possibilitada a partir de pesquisas específicas nos manuais do próprio aplicativo (FRONTLINE SOLVERS, 2014) e, principalmente, nas publicações de Hillier e Lieberman (1995), Fylstra *et al.* (1998), Hopp e Spearman (2000), Ragsdale (2001) e Winston, Albright e Broadie (2001). Ressalta-se, ainda, que a parametrização do aplicativo Solver[®] para resolver o problema é apresentada na seção 5.3 – Aplicação Do modelo Proposto.

Como o problema de decisão de *mix* de produtos do exemplo didático envolveu variáveis e restrições pertencentes ao conjunto dos números inteiros, então a resolução do problema através do aplicativo Solver[®] utilizou o algoritmo *branch-and-bound* e o método simplex para resolver o problema de otimização envolvendo programação linear inteira, de acordo com Fylstra *et al.* (1998), Ragsdale (2001) e Winston, Albright e Broadie (2001).

Ainda na fase de solução do modelo, é comum:

a realização de diversos testes preliminares para identificar possíveis erros e verificar a adequação e o desempenho da implementação computacional dos algoritmos (isto é, do modelo computacional). Também é comum a realização de análises de sensibilidade e de cenários (levantando questões do tipo *what-if*), para verificar a consistência e a robustez das soluções [...] (MORABITTO NETO; PUREZA, 2012p. 187).

Nesse sentido, antes de se chegar à solução final do modelo proposto através do aplicativo Solver[®], testes preliminares foram realizados, “bugs” foram identificados e os parâmetros do aplicativo foram ajustados de forma tal a se obter uma solução válida para o problema. Depois de encontrada a solução ótima do problema, foi realizada uma análise de pós-otimalidade (do inglês *post-optimality analysis*, nos termos de Hillier e Lieberman (1995, p. 16)), principalmente, em termos de análise se-então (*what-if*). O aplicativo Solver[®] oferece a ferramenta de análise de sensibilidade logo após a geração da solução. Entretanto, a análise de sensibilidade não foi possibilitada devido ao tipo de problema modelado no Solver[®]. Entretanto, por exemplo, foram evidenciadas as restrições dominantes envolvidas com o problema e quais restrições apresentaram folga (ex: capacidade não utilizada / ociosidade).

De acordo com Albright e Broadie (2001, p. 117) no que tange à programação linear inteira, “para modelos pequenos, provavelmente não se verifica um aumento elevado do tempo para encontrar uma solução ótima, porém nós alertamos que os tempos de solução podem aumentar significativamente com modelos mais complexos”. Desta forma, o fato de o modelo matemático proposto ser baseado em programação linear inteira o limita a ser utilizado na modelagem de problemas muito grandes (ou seja, com muitas variáveis e restrições) devido à necessidade de longos tempos computacionais para se chegar à solução ótima. Isso decorre do fato de o problema de decisão de mix de produtos com programação inteira se tratar de um problema NP-Difícil (LINHARES, 2009).

Nesse sentido, antes de operacionalizar o modelo proposto no exemplo didático, testes preliminares com problemas de decisão de *mix* de produtos maiores (que o apresentado no exemplo didático) foram realizados para se ter uma ideia do tempo computacional para se encontrar uma solução com base no modelo proposto. Foram modelados, de forma preliminar problemas, com até 10 produtos e cerca de 90 restrições utilizando um computador pessoal com processador Intel® Core® i5-3230M, 2.60 GHz, com 6,00 GB de memória ram instalada. Apesar de os tempos de processamentos aumentarem significativamente com o aumento do “tamanho” dos problemas solucionados, conseguiu-se obter soluções em poucas horas. Por exemplo, o problema do exemplo didático com 3 produtos (9 variáveis de decisão) e 23 restrições (incluindo as restrições relacionadas com o tipo de variável (ex: binária) e o conjunto de números (ex: inteiros) ao qual as variáveis de decisão deveriam pertencer), foi solucionado em segundos.

1.5.3 Teste/Validação e Implementação do Modelo

Conforme Hilier e Lieberman (1995, p. 17), o “o processo de testar e melhorar um modelo para aumentar a sua validade [do inglês *validity*] é comumente referida como validação modelo”. O corrente modelo não se valeu de estudo empírico. Desta forma, então a validação aqui tratada não considerou aspectos relacionados análise de adequação de parâmetros (dados) reais ao modelo e vice-versa. No caso do modelo proposto nesta tese, a fase de validação foi realizada desde a fase de construção do modelo, passando pela fase de elaboração da solução, até se chegar

na aplicação do modelo no problema do exemplo didático, de forma recursiva. Esse procedimento vai ao encontro da ideia de Morabito Neto; Pureza (2012, p. 189) de que “um modelo matemático nem sempre é formulado de uma só vez, podendo haver ciclos [...]”. Ainda, os procedimentos realizados na construção e solução do modelo são aderentes com publicações relevantes sobre decisão de *mix* de produtos (ex: PLENERT, 1993; KEE, 1995; KEE; SCHIMD, 2000).

Em termos da fase de implementação, como o modelo é do tipo axiomático, não se chegou a realizar a implementação deste em um caso empresarial real. Conforme Morabito Neto e Pureza (2012, p. 189), “a fase de implementação da solução é importante na pesquisa empírica”. Na axiomática, é complementar.

Finalmente, tem-se em mente que, mesmo no caso da decisão de *mix* de produtos, “modelos não são substitutos para o pensamento e deliberação [das pessoas]; eles são parte de um processo de reflexão antes da ação” (PIDD, 1999, p. 121).

1.6 CONTRIBUIÇÕES ESPERADAS E ESTRUTURA DA TESE

Ao abordarem o desígnio de textos científicos gerados a partir de pesquisas de pós-graduação, Salvador (1987), Silva e Menezes (2005) pontuam que a contribuição esperada de uma tese está ligada ao oferecimento de uma contribuição teórica inédita tanto para uma área do conhecimento bem sedimentada, como também para uma área ainda em processo de consolidação. Nas palavras de Fleury (2012, p. 45), “o propósito da pesquisa acadêmica é aumentar o entendimento de um fenômeno e avançar as teorias existentes. O indicador é sempre a contribuição para a teoria”. Como etapa intermediária desse processo, a pesquisa envolve a sistematização do conhecimento sobre determinado tema.

Nesse sentido, entende-se a pesquisa realizada na corrente tese oferece uma sistematização do conhecimento sobre decisão de *mix* de produtos e sobre métodos de custeio, na medida em que é construída a partir de uma análise bibliométrica, de análise de citações e de uma pesquisa bibliográfica sobre os temas supracitados. Ainda, entende-se que esta tese oferece uma contribuição inédita à comunidade acadêmica da Engenharia de Produção e, de forma complementar, da Contabilidade Gerencial, na medida em que apresenta a proposição de um modelo quantitativo

voltado à decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva do TDABC para operações com múltiplas restrições.

Em termos de estrutura, a tese é organizada em seis capítulos, quais sejam:

- Capítulo 1: definição da problemática abordada; inserção do tema no campo da Engenharia de Produção e da Contabilidade Gerencial; formalização da pergunta de pesquisa e definição do objetivo da tese; apresentação dos procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa; e contribuições esperadas.
- Capítulo 2: resultados da análise bibliométrica e da análise de citações realizadas para caracterizar as publicações acadêmicas sobre os temas decisão de *mix* de produtos e custeio baseado em atividades e tempo.
- Capítulo 3: pesquisa bibliográfica (varredura vertical) sobre métodos de custeio.
- Capítulo 4: pesquisa bibliográfica (varredura vertical) sobre decisão de *mix* de produtos.
- Capítulo 5: proposição de um modelo quantitativo para auxiliar a decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva do TDABC para operações com múltiplas restrições; ilustração da aplicação do modelo quantitativo proposto a partir de um exemplo didático/ilustrativo/numérico; análise dos resultados obtidos; análise crítica do modelo proposto.
- Capítulo 6: conclusões e limitações do estudo; indicação de perspectivas futuras para a pesquisa sobre o tema decisão de *mix* de produtos.

Depois de findado o capítulo 6, é exibido o referencial teórico utilizado e são apresentadas informações suplementares na forma de apêndices. A Figura 15 apresenta a estrutura geral de construção da tese.

Figura 15 - Estrutura de construção da tese

Fonte: Elaborado pelo autor

2 RESULTADOS DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DA ANÁLISE DE CITAÇÕES

Esta seção dedica-se a expor os resultados obtidos com a prospecção e com a caracterização de publicações acadêmicas nos portais Scopus, ProQuest, EBSCO, Web of Science e Science Direct, estando o pesquisador como usuário da Universidade de São Paulo para acessar as bases de dados via internet. Como data limite para a prospecção das publicações, definiu-se 01 de setembro de 2014. Os resultados são apresentados para cada uma das três etapas da análise bibliométrica e da análise de citações considerando o tema principal desta tese, decisão de mix de produtos, e o tema complementar, custeio baseado em atividades e tempo.

2.1.RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DA ANÁLISE DE CITAÇÕES DAS PUBLICAÇÕES SOBRE DECISÃO DE MIX DE PRODUTOS

A pesquisa na base de dados Scopus trouxe, como resultado, 227 publicações acadêmicas, enquanto que o ProQuest trouxe 225, o EBSCO 308, o Web of Science 163 e o Science Direct 73. Após análise do título, do resumo, das palavras-chave, do periódico de veiculação e, em alguns casos, do texto completo de cada artigo, foi verificado que 77 deles possuíam foco de contribuição teórica concentrado no campo da decisão/seleção/otimização/combinação ótima/determinação/priorização de *mix* de produtos e estavam veiculados em periódicos relacionados com a Engenharia de Produção ou com a Contabilidade Gerencial. Convém observar que o Journal Citation Report (JCR, 2014) foi utilizado para verificar a relevância dos periódicos inicialmente levantados.

A partir da análise da seção “referências” de cada um dos 77 artigos, foram identificados e prospectados outros 41 trabalhos constantes em periódicos internacionais, totalizando 118 publicações acadêmicas sobre o tema em estudo. As publicações prospectadas são apresentadas no Apêndice A em ordem cronológica. Convém observar que, além dos cinco portais de periódicos supracitados, o portal de periódicos da Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior

(CAPES, 2014) e o portal de periódicos da Universidade de São Paulo (SIBI, 2014) foram utilizados como fonte de consecução, em formato digital, da versão completa dos artigos prospectados.

2.2 RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DA ANÁLISE DE CITAÇÕES DAS PUBLICAÇÕES SOBRE DECISÃO DE MIX DE PRODUTOS

De posse dos 118 artigos prospectados, caracterizou-se a evolução da quantidade de trabalhos publicados em periódicos internacionais sobre o tema ao longo do tempo, como mostra a Figura 15.

Figura 16 - Produção anual de artigos acadêmicos internacionais sobre decisão de *mix* de produtos.

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base na Figura 16, pode-se observar que a produção acadêmica sobre decisão de *mix* de produtos apresentou um crescimento a partir do ano de 1991. Uma provável explicação para este resultado diz respeito ao fato de que o número de publicações (principalmente livros) que forneceram sustentação teórica para a decisão de *mix* de produtos no campo da Engenharia de Produção e de áreas afins (ex: Contabilidade Gerencial) começou a se intensificar no final da década de 1980 (ex: GOLDRATT; COX, 1984; GOLDRATT; FOX, 1986; COOPER; KAPLAN, 1988). Ainda, pode-se verificar que os artigos publicados entre os anos de 2000 e 2014 representaram cerca de 73% (86 de um total de 118) das publicações prospectadas,

o que evidencia que a realização de grande parte da pesquisa sobre o tema decisão de mix de produtos nesta tese abordado é recente e possui tendência de crescimento.

Para caracterizar a distribuição das publicações com relação aos periódicos de veiculação das pesquisas, foram construídos quadros com distribuições de frequência absoluta, relativa e acumulada (ver apêndice B) da incidência de cada veículo de divulgação. Para visualizar os resultados obtidos, os dados foram apresentados na forma de gráfico de Pareto, como mostra a Figura 17.

Figura 17 - Distribuição das publicações sobre decisão de mix de produtos por periódico de veiculação

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base na Figura 17, pode-se concluir que cerca de 71% das publicações (84 de um total de 118) concentraram-se em cerca de 32% dos periódicos (16 de um total de 50) e que os principais veículos de divulgação das pesquisas sobre decisão de *mix* de produtos são estritamente relacionados com o campo acadêmico da

Engenharia de Produção (International Journal of Production Research - IJPR, International Journal of Production Economics - IJPE e Production and Inventory Management Journal - PIMJ).

Para caracterizar a distribuição das publicações com relação aos países que sediam as instituições às quais os autores dos artigos são filiados, também foram construídos quadros com distribuições de frequência absoluta, relativa e acumulada (ver apêndices C e D) da incidência de cada país. Os resultados obtidos foram apresentados na forma de gráfico de Pareto, como mostra a Figura 18.

Figura 18 - Distribuição das publicações sobre decisão de *mix* de produtos por país de filiação das instituições dos autores

Fonte: Elaborado pelo autor

Tomando como base a Figura 18, pode-se constatar que cerca de 78% dos autores das publicações (155 de um total de 200) concentraram-se em apenas 26% dos países que tiveram instituições com autores de artigos vinculados (6 de um total 23). Destaca-se a forte concentração das pesquisas em universidades dos Estados Unidos e o relevante papel de pesquisadores vinculados a instituições de países orientais (Taiwan, Iran, China, Índia e Malásia) na produção acadêmica internacional sobre decisão de *mix* de produtos.

A produção acadêmica de pesquisadores vinculados a instituições brasileiras é recente e representou 3% (6 de um total de 200). Os pesquisadores identificados foram: (i) Alexandre Linhares - Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas da Fundação Getúlio Vargas do Rio de Janeiro; (ii) Enzo Barberio

Mariano - Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Estadual Paulista; (iii) Fernando Bernardi de Souza - Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Estadual Paulista; (iv) Jair Wagner de Souza Manfrinato - Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Estadual Paulista; (v) Marcelo Seido Nagano - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo; e (vi) Vinicius Amorim Sobreiro - Departamento de Administração da Universidade de Brasília. Convém observar que os artigos publicados pelos pesquisadores brasileiros supracitados não abordam a decisão de mix de produtos sob a ótica dos métodos de custeio. Assim, esses artigos são relacionados com a segunda vertente de pesquisa sobre decisão de mix de produtos, ou seja, técnicas matemáticas e algoritmos (LINHARES, 2009; SOBREIRO; MARIANO; NAGANO, 2014; SOBREIRO; NAGANO, 2013; SOUZA et al., 2013).

No tocante à caracterização dos artigos quanto aos tipos de pesquisa utilizados, conforme taxonomia proposta por Filippini (1997), foram construídos quadros com distribuições de frequência absoluta, relativa e acumulada (ver apêndice E) da incidência de cada tipo de pesquisa em cada artigo. Para visualizar os resultados obtidos, foi utilizada uma ilustração na forma de gráfico de Pareto, como mostra a Figura 19.

Figura 19 - Distribuição das publicações sobre decisão de *mix* de produtos por tipo de pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando a Figura 19, pode-se concluir que 67% das publicações (79 de um total de 118) foram trabalhadas pelos autores a partir de dois tipos de pesquisa: Modelagem Matemática e Teórico/Conceitual. Considerando-se apenas artigos que exploraram os tipos de pesquisa Modelagem Matemática e Teórico/Conceitual conjuntamente com a utilização de exemplos didáticos/numéricos/ilustrativos, o percentual reduz-se para relevantes 56%. Individualmente, convém destacar a maior incidência do tipo de pesquisa Modelagem Matemática com a utilização de exemplo didático/numérico/ilustrativo, totalizando mais de 45% (54 de um total de 118) dos trabalhos sobre decisão de mix de produtos prospectados e analisados.

2.3 RESULTADOS DA TERCEIRA ETAPA DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DA ANÁLISE DE CITAÇÕES DAS PUBLICAÇÕES SOBRE DECISÃO DE MIX DE PRODUTOS

A partir da análise das referências bibliográficas de cada um dos 118 artigos identificados, foram contabilizados os autores e as publicações mais recorrentes em termos de citação. A partir da construção de um quadro com as distribuições de frequência foi possível visualizar os destaques em termos de autores e artigos com mais citações. O Quadro 4 apresenta os 20 autores destaques (com maior frequência relativa de citações) juntamente com as instituições e países aos quais são vinculados e/ou realizaram as pesquisas.

Quadro 4 - Autores destacados no campo da pesquisa sobre decisão de *mix* de produtos

AUTOR(A)	FREQUÊNCIA RELATIVA DE REFERÊNCIAS PARA OUTROS ARTIGOS	INSTITUIÇÃO / FILIAÇÃO	PAÍS
Gerhard Plenert	6,92%	Institute of Business Management - Brigham Young University	Estados Unidos
Byron J. Finch	4,47%	Department of Management - Miami University	Estados Unidos
Richard L. Luebbe	4,47%	Department of Management - Miami University	Estados Unidos
Bih-Ru Lea	4,29%	Department of Business Administration - University of Missouri	Estados Unidos
Lawrence. D. Fredendall	4,12%	Management Department - Clemson University	Estados Unidos
Godfrey C. Onwuboluy	3,94%	Department of Industrial Engineering - National University of Science and Technology	Zimbábue
Terry Lee	3,51%	Institute of Business Management - Brigham Young University	Estados Unidos
Pandian Vasant	3,33%	Fundamental & Applied Sciences Department - University Technology Petronas	Malásia
Robert Kee	3,24%	Culverhouse School of Accountancy - University of Alabama	Estados Unidos
Mike C. Patterson	2,63%	Division of Business Administration - Midwestern State University	Estados Unidos
Shu-Hsing Chung	2,37%	Dep. of Industrial Engineering and Management - National Chiao Tung University	Taiwan
Michael Mutingi	2,28%	Department of Industrial Engineering - National University of Science and Technology	Zimbábue
Arijit Bhattacharya	1,93%	Business School - Dublin City University	Irlanda
Tien-Chun Hsu	1,93%	Dep. of Industrial Engineering and Management - National Chiao Tung University	Taiwan
Jaydeep Balakrishnan	1,84%	Faculty of Management - University of Calgary	Canadá
Charles Schmidt	1,58%	Culverhouse College of Commerce - University of Alabama	Estados Unidos
Chun Hung Cheng	1,58%	Department of Systems Engineering and Engineering Management - The Chinese	China

		University of Hong Kong	
Wen-Hsien Tsai	1,58%	Department of Business Administration - National Central University	Taiwan
A. Rashidi Komijan	1,49%	Department of Industrial Engineering - Islamic Azad University	Iran
M. B. Aryanezhad	1,49%	Department of Industrial Engineering - Iran University of Science and Technology	Iran

Fonte: Elaborado pelo autor

Os 20 autores elencados representaram 59% dos autores citados nas referências bibliográficas dos artigos (673 de um total de 1141 citações). Os resultados da análise de citações indicam a concentração dos principais autores sobre decisão de mix de produtos em universidades/instituições sediadas nos Estados Unidos, tendo como destaques Gerhard Plenert, Byron J. Finch e Richard L. Luebbe.

Para caracterizar as publicações mais referenciadas pelos trabalhos no campo da decisão de *mix* de produtos, também foram consideradas as 20 com maior frequência relativa de citações, como mostra o Quadro 5.

Quadro 5 - Publicações com destaque no campo da pesquisa sobre decisão de *mix* de produtos

PUBLICAÇÃO	FREQUÊNCIA RELATIVA
LUEBBE, R.; FINCH, B. Theory of constraints and linear programming: a comparison. International Journal of Production Research, v. 30, n. 6, p. 1471-1478, 1992	6,67%
PLENERT, G. Optimizing theory of constraints when multiple constrained resources exist. European Journal of Operational Research, v. 70, p. 126-133, 1993	6,50%
FREDENDALL, L. D.; LEA, B. R. Improving the product mix heuristic in the theory of constraints. International Journal of Production Research, v. 35, n. 6, p. 1535-1544, 1997	5,83%
LEE, T., N.; PLENERT, G. Optimizing theory of constraints when new product alternatives exist. Production and Inventory Management Journal, v. 34, n. 3, p. 51-57, 1993	5,50%
PATTERSON, M. C. The product-mix Decision: a comparison of Theory of Constraints and labor-based management accounting. Production and Inventory Management Journal. Alexandria, v. 33, n. 3; p. 80-85, 1992	5,00%
HSU, T-C., CHUNG, S-H. The TOC-based algorithm for solving product mix problems. Production Planning & Control, v. 9, n. 1, p. 36-46, 1998	3,67%
ONWUBOLU, G. C. Tabu search-based algorithm for the TOC product mix decision. International Journal of Production Research, v. 39, n. 10, p. 2065-2076, 2001	3,17%
KEE, R; SCHMIDT, C. Comparative analysis of utilizing activity-based costing and the theory of constraints for making product-mix decisions. International Journal of Production Economics, v. 63, n. 1, p. 1-17, 2000	3,00%
BALAKRISHNAN, J.; CHENG, C. H. Theory of Constraints and linear programming; a re-examination. International Journal of Production Research, v. 38, n. 6, p. 1459-1463, 2000	3,00%
ONWUBOLU, G.C.; MUTING, M. Optimizing the multiple constrained resources product mix problem using genetic algorithms. International Journal of Production Research, v. 39, n. 9, p. 1897-1910, 2001	2,83%
ARYANEZHAD, M.B., KOMIJAN, A. R. An improved algorithm for optimizing product mix under the theory of constraints. International Journal of Production Research, v. 42, n. 20, p. 4221-4233, 2004	2,67%

POSNACK, A. J. Theory of constraints; Improper applications yield improper. Production and Inventory Management Journal, v. 35, n. 1, p. 85-86, 1994	2,67%
KEE, R. Integrating activity-based costing with the theory of constraints to enhance production-related decision-making. Accounting Horizons, v. 9, n. 4, p. 48-61, 1995	2,50%
BHATTACHARYA, A.; VASANT, P. Soft-sensing of level of satisfaction in TOC product-mix decision heuristic using robust fuzzy-LP. European Journal of Operational Research, v. 177, n. 1, p. 55-70, 2007	2,33%
MADAY, C. J. Proper use of constraint management. Production and Inventory Management Journal, v. 35, n. 1, p. 84, 1994	2,33%
LEA, B.-R.; FREDENDALL, L. D. The impact of management accounting, product structure, product mix algorithm, and planning horizon on manufacturing performance. International Journal of Production Economics, v. 79, n. 3, p. 279-299, 2002	2,00%
FINCH, B. J.; LUEBBE, R. L. Response to 'Theory of constraints and linear programming; a re-examination'. International Journal of Production Research, v. 38, n. 6, p. 1465-1466, 2000	1,83%
WANG, J. Q.; SUN, S. D.; SI, S. B.; YANG, H. A. Theory of constraints product mix optimisation based on immune algorithm. International Journal of Production Research, v. 47, n. 16, p. 4521-4543, 2009	1,67%
HOLMEM, J. S. ABC vs. TOC: it's a matter of time. Management Accounting (New York, N.Y.), v. 76, p. 37-40, 1995	1,67%
CHUNG, S.-H.; LEE, A.H.; PEARN, W. L. Product mix optimization for semiconductor manufacturing based on AHP and ANP analysis. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 25, n. 11-12, p. 1144-1156, 2005	1,50%

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir da análise do Quadro 5, pode-se verificar que das 5 publicações mais citadas, 4 foram da primeira metade da década de 1990. Desconsiderando a posição (ranking) dos artigos em relação à frequência de citações, a publicação mais recente foi a de Wang et al. (2009). No entanto, quando se leva em consideração o ranking de citações, os trabalhos mais recentes com destacado reconhecimento científico em termos de citações foram o de Kee e Schmidt (2000), ocupando a 8ª posição no *ranking* de frequência de citações, e o de Onwubolu (2001), ocupando a 7ª posição. Finalmente, os resultados da análise de citações indicam a concentração as obras mais citadas sobre decisão de *mix* de produtos nos autores Gerhard Plenert, Byron J. Finch e Richard L. Luebbe.

2.4.RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DA ANÁLISE DE CITAÇÕES DAS PUBLICAÇÕES SOBRE CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES E TEMPO

A pesquisa na base de dados Scopus trouxe, como resultado, 25 publicações acadêmicas, enquanto que o ProQuest trouxe 18, o EBSCO 35, o Web of Science 16 e o Science Direct 7. Após análise do título, do resumo, das palavras-chave, do

periódico de veiculação e, em alguns casos, do texto completo de cada artigo, foi verificado que 36 deles possuíam foco de contribuição teórica concentrado no campo da decisão/seleção/otimização/cominação ótima/determinação/priorização de *mix* de produtos e estavam veiculados em periódicos relacionados com a Engenharia de Produção ou com a Contabilidade Gerencial. Convém observar que o Journal Citation Report (JCR, 2014) foi utilizado para verificar a relevância dos periódicos inicialmente levantados.

A partir da análise da seção “referências” de cada um dos 36 artigos, foram identificados e prospectados outros 14 trabalhos constantes em periódicos internacionais, totalizando 50 publicações acadêmicas sobre o tema em estudo. As publicações prospectadas são apresentadas no Apêndice F em ordem cronológica. Convém observar que, além dos cinco portais de periódicos supracitados, o portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES, 2014) e o portal de periódicos da Universidade de São Paulo (SIBI, 2014) foram utilizados como fonte de consecução, em formato digital, da versão completa dos artigos prospectados.

2.5 RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DA ANÁLISE DE CITAÇÕES DAS PUBLICAÇÕES SOBRE CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES E TEMPO

De posse dos 50 artigos prospectados, caracterizou-se a evolução da quantidade de trabalhos publicados em periódicos internacionais sobre o tema ao longo do tempo, como mostra a Figura 20.

Figura 20 - Produção anual de artigos acadêmicos internacionais sobre custeio baseado em atividades e tempo.

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base na Figura 20, pode-se observar que a produção acadêmica sobre decisão de *mix* de produtos apresentou um crescimento a partir do ano de 2007. Uma provável explicação para este achado diz respeito ao fato de que o livro que apresentou detalhadamente o custeio baseado em atividades e tempo foi publicado no referido ano por Kaplan e Anderson (2007). Ainda, pode-se verificar que os artigos publicados entre os anos de 2010 e 2014 representaram 70% (35 de um total de 50) das publicações prospectadas, o que evidencia que a realização de grande parte da pesquisa sobre o tema custeio baseado em atividades e tempo é recente e possui tendência de crescimento.

Para caracterizar a distribuição das publicações com relação aos periódicos de veiculação das pesquisas, foram construídos quadros com distribuições de frequência absoluta, relativa e acumulada (ver Apêndice G) da incidência de cada veículo de divulgação. Para visualizar os resultados obtidos, os dados foram apresentados na forma de gráfico de Pareto, como mostra a Figura 21.

Figura 21 - Distribuição das publicações sobre custeio baseado em atividades e tempo por periódico de veiculação

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base na Figura 21, pode-se verificar que as publicações sobre TDABC foram distribuídas por diversos periódicos, não havendo, portanto, concentração. Em termos de campo de pesquisa, pode-se concluir que cerca 54% das publicações sobre TDABC (21 de uma total de 50) foram veiculadas em periódicos estritamente relacionados com o campo acadêmico da Contabilidade, em especial da Contabilidade Gerencial (ex: *Management Accounting Research*, *The Accounting Review*, *Journal of Applied Management Accounting Research*, *Cost Management*, *Accounting Horizons*, *Management Accounting Quarterly* e *Journal of Accounting Education*). Convém observar, ainda, a incidência de periódicos em campos de pesquisa sobre Engenharia de Produção (ex: *International Journal of Logistics Research and Applications*, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, *International Journal of Productivity and Quality Management*), Saúde

(ex: *Healthcare Financial Management*, *Health Policy* e *Healthcare*) e Gestão Bibliotecária (ex: *Library Management* e *The Library Quarterly*).

Para caracterizar a distribuição das publicações com relação aos países que sediam as instituições às quais os autores dos artigos são filiados, também foram construídos quadros com distribuições de frequência absoluta, relativa e acumulada (ver Apêndices H e I) da incidência de cada país. Os resultados obtidos são apresentados na forma de gráfico de Pareto, como mostra a Figura 22.

Figura 22 - Distribuição das publicações sobre custeio baseado em atividades e tempo por país de filiação das instituições dos autores

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 22 possibilita constatar que cerca de 74% dos autores das publicações (67 de um total de 91) concentraram-se em apenas 26% dos países que tiveram instituições com autores de artigos vinculados (5 de um total 19). Destaca-se a a concentração individual das pesquisas em universidades e instituições dos Estados Unidos e o relevante papel de pesquisadores vinculados a instituições européias, com destaque à Bélgica, na produção acadêmica internacional sobre custeio baseado em atividades e tempo. Ainda, não foi identificada nenhuma produção acadêmica publicada em periódico internacional de autores vinculados a instituições brasileiras.

No tocante à caracterização dos artigos quanto aos tipos de pesquisa utilizados, conforme taxonomia proposta por Filippini (1997), foram construídos quadros com distribuições de frequência absoluta, relativa e acumulada (ver Apêndice J) da incidência de cada tipo de pesquisa em cada artigo. Para visualizar os resultados

obtidos, foi utilizada uma ilustração na forma de gráfico de Pareto, tal como expõe a Figura 23.

Figura 23 - Distribuição das publicações sobre custeio baseado em atividades e tempo por tipo de pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando a Figura 23, pode-se concluir que 68% das publicações (34 de um total de 50) foram trabalhadas pelos autores a partir de dois tipos de pesquisa: Estudo de Caso e Teórico/Conceitual conjuntamente com a utilização de exemplos didáticos/numéricos/ilustrativos, o percentual reduz-se para relevantes 56%. Os resultados apontam uma concentração do tipo de pesquisa Estudo de Caso na abordagem metodológica utilizadas nas publicações sobre custeio baseado em atividades e tempo (46% - 23 de um total de 50), ou seja, a utilização estudos empíricos foi recorrente. Uma provável explicação para esse achado reside no fato

de o TDABC ser um artefato gerencial recente que passou a ser objeto de pesquisas exploratórias para fins de compreensão e validação empírica por parte dos pesquisadores e profissionais. Convém destacar que a análise bibliométrica realizada evidenciou, quando da não utilização de estudos empíricos, ser prática comum a utilização de exemplos didáticos/numéricos/ilustrativos pelos autores das publicações a fim de aclarar e exemplificar as aplicações das construções teóricas inerentes ao TDABC (36% - 18 de um total de 50 artigos).

2.6 RESULTADOS DA TERCEIRA ETAPA DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DA ANÁLISE DE CITAÇÕES DAS PUBLICAÇÕES SOBRE CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES E TEMPO

A partir da análise das referências bibliográficas de cada um dos 50 artigos identificados, foram contabilizados os autores e as publicações mais recorrentes em termos de citação. A partir da construção de um quadro com as distribuições de frequência foi possível visualizar os destaques em termos de autores e artigos com mais citações. O Quadro 6 apresenta os 20 autores destaques (com maior frequência relativa de citações) juntamente com as instituições e países aos quais são vinculados e/ou realizaram as pesquisas.

Quadro 6 - Autores destacados no campo da pesquisa sobre custeio baseado em atividades e tempo

AUTOR(A)	FREQUÊNCIA RELATIVA DE REFERÊNCIAS PARA OUTROS ARTIGOS	INSTITUIÇÃO / FILIAÇÃO	PAÍS
Steven Anderson	15,25%	Acorn Systems, Houston, Texas	Estados Unidos
Robert S. Kaplan	12,88%	Harvard Business School - Harvard University	Estados Unidos
Werner Bruggeman	9,83%	Faculty of Economics and Business Administration - Ghent University	Bélgica
Patricia Everaert	9,49%	Faculty of Economics and Business Administration - Ghent University	Bélgica
Filip Roodhooft	7,80%	Hogeschool-Universiteit Brussel / Vlerick Leuven Gent Management School	Bélgica
Alexandra Van den Abbeele	4,41%	Katholieke Universiteit Leuven	Bélgica
Eli Pernot	4,07%	Katholieke Universiteit Leuven	Bélgica
Kristof Stouthuysen	3,73%	Hogeschool-Universiteit Brussel / Katholieke Universiteit Leuven	Bélgica
Gerrit Sarens	3,39%	Université Catholique de Louvain / University of Antwerp	Bélgica

Eva Labro	2,71%	University of North Carolina	Estados Unidos
Nathalie Demeere	2,37%	Deloitte Ltd., Diegem	Bélgica
Eddy Cardinaels	2,37%	Tilburg University	Holanda
Gertjan De Creus	2,03%	Sanac Inc., Wervik	Bélgica
Michael S. C. Tse	1,69%	School of Accounting, Economics and Finance - Deakin University	Austrália
Maleen Z. Gong	1,36%	Monash University	Austrália
Richard Barrett	1,36%	ALG Software, South Melbourne	Austrália
Anne-Mie Reheul	1,36%	Hogeschool - Universiteit Brussel	Bélgica
Michael Swiggers	1,36%	Hogeschool - Universiteit Brussel	Bélgica
Sophie Hoozée	1,02%	Faculty of Economics and Business Administration - Ghent University	Bélgica
Michael E. Porter	1,02%	Harvard Business School - Harvard University	Estados Unidos

Fonte: Elaborado pelo autor

Ressalta-se que as citações dos 20 autores elencados no Quadro 6 representaram cerca de 89% das citações (264 de um total de 295) contabilizadas diretamente das referências bibliográficas dos artigos prospectadas. Os resultados da análise de citações indicam a concentração dos principais autores em universidades/instituições dos Estados Unidos, tendo como destaques Steven Anderson e Robert Kaplan, criadores do TDABC. Convém salientar que os resultados da pesquisa de Hesford *et al.* (2007, p. 18) publicada no volume 1 do Handbook of Management Accounting Research também indicaram Robert Kaplan como um autor destacado por este ter sido o mais citado por autores/pesquisadores de um conjunto de 916 artigos publicados em 10 periódicos internacionais relevantes sobre Contabilidade Gerencial entre 1981 e 2000.

Com base no Quadro 6, ainda, pode ser observada a destacada relevância para a pesquisa sobre TDABC dos autores Werner Bruggeman e Patricia Everaert, vinculados a universidades belgas. Ressalta-se que estes autores tiveram participação na construção do livro de Kaplan e Anderson (2007) com a redação de um capítulo sobre o uso do TDABC na modelagem de custos da empresa belga SANAC Company, texto posteriormente publicado no Journal of Accounting Education (EVERAERT; BRUGGEMAN; DE CREUS, 2008).

Para caracterizar as publicações mais referenciadas pelos trabalhos sobre TDABC, também foram consideradas as 20 com maior frequência relativa de citações, como mostra o Quadro 7.

Quadro 7 - Publicações com destaque no campo da pesquisa sobre custeio baseado em atividades e tempo

PUBLICAÇÃO	FREQUÊNCIA RELATIVA
KAPLAN, R. S.; ANDERSON, S. R. Time-driven activity-based costing. <i>Harvard Business Review</i> , v. 82, n.11, p.131-138, 2004	21,85%
PERNOT, E.; ROODHOOFT, F.; VAN DEN ABEELE, A. Time-driven activity-based costing for inter-library services: a case study in a university. <i>The Journal of Academic Librarianship</i> , v. 33, n. 5, p. 551-560, 2007	10,08%
EVERAERT, P.; BRUGGEMAN, W. Time-driven activity-based costing: exploring the underlying model. <i>Cost Management</i> , v. 21, n. 2, p. 16-20, 2007	9,24%
EVERAERT, P.; BRUGGEMAN, W.; SARENS, G.; ANDERSON, S. R.; LEVANT, Y. Cost modeling in logistics using time-driven ABC: experiences from an wholesaler. <i>International Journal of Physical Distribution & Logistics Management</i> , v. 38, n. 3, p. 172-191, 2008	8,40%
KAPLAN, R. S.; ANDERSON, S. R. The innovation of time-driven activity-based costing. <i>Cost Management</i> , v. 21, n. 2, p. 5-15, 2007	7,56%
DEMEERE, N.; STOUTHUYSEN, K.; ROODHOOFT, F. Time-driven activity-based costing in an outpatient clinic environment: development, relevance and managerial impact. <i>Health Policy</i> , v. 92, p. 296–304, 2009	5,88%
CARDINAELS, E.; LABRO, E. On the determinants of measurement error in time-driven costing. <i>The Accounting Review</i> , v. 83, n. 3, p. 735-756, 2008	5,88%
EVERAERT, P.; BRUGGEMAN, W.; DE CREUS, G. Sanac Inc.: from ABC to time-driven ABC (TDABC) – an instructional case. <i>Journal of Accounting Education</i> , v. 26, p. 118-154, 2008	5,04%
STOUTHUYSEN, K.; SWIGGERS, M.; REHEUL, A-M.; ROODHOOFT, F. Time-driven activity-based costing for a library acquisition process: a case study in a Belgian university. <i>Library Collections, Acquisitions, & Technical Services</i> , v. 34, p. 83-91, 2010	3,36%
TSE, M. S. C.; GONG, M. Z. Recognition of idle resources in time-driven activity-based costing and resource consumption accounting models. <i>Journal of Applied Management Accounting Research</i> , v. 7, n. 2, p. 41-54, 2009	3,36%
BARRETT, R. Time-driven costing: the bottom line on the new ABC. <i>Business Performance Management Magazine</i> , v. 3, n. 1, p. 35-39, 2005	3,36%
KAPLAN, R. S.; PORTER, M. E. How to solve the cost crisis in health care. <i>Harvard Business Review</i> , v. 89, n. 9, p. 47-64, 2011	2,52%
GERVAIS, M.; LEVANT, Y.; DUCROCQ, C. Time-driven activity-based costing (TDABC): an initial appraisal through a longitudinal case study. <i>Journal of Applied Management Accounting Research</i> , v. 8, n. 2, p. 1-20, 2010	2,52%
DALCI, I.; TANIS, V.; KOSAN, L. Customer profitability analysis with time-driven activity-based costing: a case study in a hotel, <i>International Journal of Contemporary Hospitality Management</i> , v. 22, n. 5, p. 609-637, 2010	1,68%
WEGMANN, G. The activity-based costing method: development and applications. <i>The Icfai University Journal of Accounting Research</i> , v. 8, n. 1, p. 7-22, 2009	1,68%
SIGUENZA-GUZMAN, L.; VAN DEN ABEELE, A.; VANDEWALLE, J.; VERHAAREN, H.; CATTRYSSSE, D. Using time-driven activity-based costing to support library management decisions: a case study for lending and returning processes. <i>The Library Quarterly</i> , v. 84, n. 1, p. 76-98, 2014	0,84%

BALAKRISHNAN, R.; LABRO, E.; SIVARAMAKRISHNAN, K. Product costs as decision aids: an analysis of alternative approaches (part 1). <i>Accounting Horizons</i> , v. 26, n. 1, p. 1-20, 2012	0,84%
EVERAERT, P., CLEUREN, G.; HOOZÉE, S. Using time-driven ABC to identify operational improvements: a case study in a university restaurant. <i>Cost Management</i> , v. 26, n. 2, p. 41-48, 2012, 2012	0,84%
HOOZÉE, S.; VERMEIRE, L.; BRUGGEMAN, W. The impact of refinement on the accuracy of Time-Driven ABC. <i>Abacus</i> , v. 48, n. 4, p. 439-472, 2012	0,84%
KONT, K-R. New cost accounting models in measuring of library employees' performance. <i>Library Management</i> , v. 33, n. 1-2, p. 50-65	0,84%

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir da análise do Quadro 7, pode-se verificar que as 4 das 5 publicações mais referenciadas são de autoria dos 4 autores mais influentes em termos de citações presentes nas publicações sobre TDABC (Steven Anderson, Robert Kaplan, Werner Bruggeman e Patricia Everaert). Ressalta-se que as citações das 20 publicações elencadas representaram cerca de 89% das citações (264 de um total de 295) contabilizadas diretamente das referências bibliográficas dos artigos prospectadas. Essa alta concentração pode ser explicada pelo fato de metade das publicações prospectadas serem recentes (entre 2012 e 2014).

3 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA: MÉTODOS DE CUSTEIO

Conforme afirmam Tsai *et al.* (2008, p. 210), “uma das mais importantes decisões realizadas em sistemas de produção é determinar os produtos com maior lucratividade” (do inglês, “*the most profitable products*”, no termos de Tsai *et al.* (2008, p. 210)). A determinação da lucratividade dos produtos é conduzida a partir de análises e confrontos entre os preços de vendas e os custos dos produtos fornecidos pela empresa (GALESNE; FENSTERSEIFER; LAMB, 1999), custos esses que são mensurados através de métodos de custeio.

Como diferentes métodos de custeio determinam os custos e a lucratividade dos produtos (ex: margens) de forma idiossincrática e como modelos de decisão de *mix* de produtos utilizam informações sobre os custos e sobre a lucratividade dos produtos, várias combinações de modelos de decisão e métodos de custeio criam uma variedade de soluções de *mix* de produtos que têm impacto no desempenho da organização (LEA; FREDENDALL, 2002). Estes argumentos justificam a escolha de se abordar e discutir os diferentes métodos de custeio nesta tese como forma de facilitar a compreensão dos diversos modelos de decisão de *mix* de produtos existentes. Desta forma, a sequência desta seção destina-se a apresentar e a discutir os principais métodos de custeio advindos da literatura.

Custear relaciona-se ao ato de apropriar e controlar gastos. As formas como os custos são registrados ou transferidos dentro das organizações estão estabelecidas pelos métodos de custeio (SÁ; SÁ, 1995). Em outras palavras, os métodos de custeio diferenciam-se entre si pela maneira pela qual apropriam os fatores de produção aos custos dos produtos (MARTINS, 2010). Na literatura, de forma ampla, os métodos de custeio recorrentemente abordados no que tange à mensuração dos custos e da lucratividade dos produtos são: custeio por absorção (possui derivações); custeio pleno; custeio variável; custeio direto (sendo estes dois últimos apresentados, algumas vezes, de forma integrada); custeio baseado em atividades; e custeio baseado em atividades e tempo.

Além desses métodos, a Teoria das Restrições (do inglês *Theory of Constraints* – TOC) apresenta-se como uma alternativa ao tratamento conjunto de aspectos relacionados aos custos e aos processos produtivos na medida em que propõe a

utilização da Contabilidade de Ganhos no cálculo da lucratividade de produtos. Convém observar que a Teoria das Restrições “não se trata de um método de custeio” (MARTINS; ROCHA, 2010, p. 73), porém possui forma específica de cálculo da medida de lucratividade unitária dos produtos.

A seguir, são apresentados, discutidos e analisados criticamente os conceitos e técnicas que fundamentam os métodos de custeio citados e, brevemente, é abordado o conceito de ganho unitário da TOC.

3.1 CUSTEIO POR ABSORÇÃO E CUSTEIO PLENO

O custeio por absorção (do inglês *absorption costing* ou *burden costing*) é um método tido como “tradicional” em que todos os custos de fabricação (variáveis e fixos) são considerados como custos inventariáveis, ou seja, o estoque absorve todos os custos de fabricação (LEONE, 2000). O custeio por absorção associa aos produtos e serviços os custos ocorridos na área de produção, não considera as despesas como integrante dos estoques e satisfaz os princípios contábeis (HORNGREN; FOSTER; DATAR, 2000). No caso brasileiro, conforme expõe Pinzan (2013), o custeio por absorção atende às normas e aos princípios contábeis em termos de avaliação de estoques, seguindo o pronunciamento CPC nº 16, de 08 de maio de 2009, do Comitê de Pronunciamentos Contábeis (CPC, 2009), e à legislação tributária, seguindo o Regulamento do Imposto de Renda expresso pelo Decreto nº 3.000, de 26 de março de 2009, da Receita Federal do Brasil (RFB, 1999).

Antes de continuar a explanação conceitual acerca do método de custeio por absorção, convém apresentar os conceitos de custos e despesas que, não raramente, são utilizados de forma intercambiável, o que se verifica equivocado do ponto de vista, principalmente, de operações de manufatura. Conceitualmente, na perspectiva contábil, custo é entendido como "a expressão monetária do consumo [ex: de energia], do uso [ex: de máquinas] ou da transformação [da matéria-prima em produto acabado] de bens ou serviços no processo de produção de outros bens e serviços" (MARTINS; ROCHA, 2010, p. 9). Por sua vez, despesa é entendida como "a expressão monetária do consumo ou da utilização de bens e serviços no

processo de administração geral da organização e da transferência de produtos, mercadorias e serviços aos clientes, no processo de geração de receitas" (MARTINS; ROCHA, 2010, p. 17).

Explanadas as devidas diferenças conceituais entre custos e despesas, o método de custeio por absorção é trazido à baila novamente. Tal como afirmam Foster e Baxendale (2008, p. 41), "sob o custeio por absorção, os custos indiretos fixos de fabricação são computados como custos dos produtos em vez de serem considerados como despesas do período." No custeio por absorção (denominado por Martins e Rocha (2010, p. 103) como "custeio por absorção parcial"), "o custo de um produto é só o de produzir: o sacrifício relacionado aos processos de administrar e vender são encargos da empresa como um todo, não dos produtos individuais [...]". Desta forma, os custos indiretos ou gastos gerais de fabricação (geralmente fixos, de acordo com Martins e Rocha (2010, p. 59)) são alocados aos produtos por meio de bases de rateio.

Por exemplo, os custos indiretos podem ser divididos pela carga horária total de mão de obra direta disponibilizada à produção para se determinar a taxa de custo indireto de fabricação por hora de mão de obra direta (taxa de rateio), taxa esta que serve como base de alocação levando em consideração a quantidade de horas de mão de obra direta que cada produto utiliza para ser produzido (BOYD; COX III, 2003). Outras bases de rateio também podem ser utilizadas, tais como o tempo utilizado em um processo produtivo ou horas-máquina de utilização de um equipamento. Hansen e Mowen (2001, p. 665) explicam que o custeio por absorção:

Atribui todos os custos de manufatura, materiais diretos, mão de obra direta, custos indiretos de fabricação variáveis e uma parte dos custos indiretos de fabricação fixos para cada unidade do produto. Cada unidade produzida absorve alguns dos custos fixos da fábrica e também os custos variáveis incorridos para fabricá-la. Quando uma unidade de produto é terminada, ela leva esses custos para o estoque. Quando o estoque é vendido, esses custos de produção aparecem na demonstração do resultado como custo dos produtos vendidos (CPV).

A Figura 24 apresenta, esquematicamente, o modelo conceitual do método de custeio por absorção.

Figura 24 - Modelo conceitual do custeio por absorção com geração agregada de resultado

Fonte: Adaptado de Costa (1998)

Em termos de resultado individual de cada produto, Martins e Rocha (2010, p. 103) pontuam que, a terminologia "margem bruta" é utilizada como medida de lucratividade do produto sob a perspectiva do custeio por absorção.

Cooper e Kaplan (1988), Garrison, Noreen e Brewer (2006), Baykasoglu e Kaplanoglu (2008) e Qian e Ben-Arieh (2008) fazem algumas críticas a esse método de custeio por considerá-lo apto, apenas, para avaliar estoques e para o imposto de renda, não sendo adequado para apoiar decisões gerenciais por obscurecer a lucratividade de produtos e clientes da empresa. Esse obscurecimento, no entendimento dos autores supracitados, decorre pelo fato de o custeio por absorção realizar alocações arbitrárias de custos indiretos e fixos através de bases de rateio normalmente relacionadas com o volume de produção (ex: horas de mão de obra e horas-máquina de processamento).

A despeito das críticas, o custeio por absorção é considerado por alguns autores como útil em termos gerenciais. Por exemplo, no entendimento udícibus (1995), o custeio por absorção é adequado e preciso para fins de avaliação das potencialidades econômicas de ativos. Ainda, este método de custeio é indicado por Martins e Rocha (2010, p. 116) como útil para a formação de preços de venda, a

análise de custos de longo prazo dos produtos, o planejamento operacional de médio e longo prazos, a apuração de perdas materiais em estoques de produtos acabados, entre outros. Pinzan (2013), em pesquisa empírica recente realizada em 5 empresas brasileiras e divulgada na forma de dissertação, constata que o custeio por absorção é gerencialmente utilizado na análise de lucratividade de produtos por meio da margem bruta, na elaboração de orçamentos e em decisões de descontinuidade de produtos, por exemplo.

Souza, Lisboa e Rocha (2003), em pesquisa empírica efetuada junto a quarenta e nove subsidiárias brasileiras de empresas multinacionais, chegaram à conclusão de que o custeio por absorção era o método mais utilizado. No que tange ao método de custeio por absorção, as seguintes perguntas e respostas são apresentadas por Souza, Lisboa e Rocha (2003, p. 47): (i) "Qual o método de custeio utilizado?" - 73,5% das respostas remeteram ao uso do custeio por absorção; (ii) "O método de custeio indicado é o determinado pela matriz? Trata-se de um padrão mundial?" - 79,6% das respostas remeteram ao uso do custeio por absorção como padrão de método de custeio determinado pela matriz; e (iii) "O método indicado na primeira questão é utilizado somente para a tomada de decisões, ou também para relatórios enviados à matriz?" - 89,8% das respostas remeteram ao uso do custeio por absorção para fins de tomada de decisão e preparação de relatórios para a matriz.

Nesse sentido, vale destacar a defesa que Martins e Rocha (2010, 101) fazem do custeio por absorção.

[...] o fato é que a prática predominante nas é o uso do Custeio por Absorção, inclusive, para decisões. Alguns autores entendem que essa predominância seria inercial, induzida pelos Princípios e Normas de Contabilidade, e pela exigência do Custeio por Absorção Parcial pela legislação societária e tributária, mas há estudos [os autores citam, como exemplo, DUDGALE, D. JONES, T. C.; GREEN, S. Contemporary management accounting practices in UK manufacturing. Burlington, MA: Elsevier, 2006] que demonstram não haver essa correlação. Na mesma linha, alegam a influência de órgãos reguladores no processo de formação de preços e tarifas de serviços às vezes regulamentados, como energia, telecomunicações etc.; outros baseiam-se na Psicanálise Jungiana [ex: GUERREIRO; CASADO; BIO, 2001], para justificar aquela predominância como sendo arquétipos dos contadores. Na realidade, há várias teorias e único fato efetivamente verificado: o Custeio por Absorção é fortemente predominante tanto nas empresas manufatureiras quanto nas de serviços.

Outro método tido como "tradicional" é denominado de custeio pleno (do inglês, *full costing* (nos termos de Shillinglaw (1963)), ou custeio por absorção integral (nos termos de Martins e Rocha (2010)). Este método rateia aos produtos tanto os custos

fixos fabris, como também as despesas administrativas, comerciais e financeiras. Martins e Rocha (2010, p. 127) definem que:

O Custeio Pleno considera como sendo dos produtos todos os custos de produção e também os gastos fixos de administração e de vendas; é denominado Custeio por Absorção Integral exatamente porque, por incorporar os gastos de administração geral e os fixos de vendas aos produtos, distingue-se do Custeio por Absorção Parcial [...], que os trata diretamente como despesas do período.

Desta forma, o custeio pleno possui lógica similar ao custeio por absorção, porém expandida para o rateio das despesas. A Figura 25 apresenta, esquematicamente, o modelo conceitual do método de custeio pleno.

Fonte: Adaptado de Costa (1998)

Em termos de resultado individual de cada produto, Martins e Rocha (2010, p. 103) pontuam que, a terminologia "margem operacional" é utilizada como medida de lucratividade do produto sob a perspectiva do custeio por absorção.

O custeio pleno, apesar de não ser aceito integralmente para fins fiscais, possui aplicações na tomada de decisão gerencial. Por exemplo, conforme expõe Shillinglaw (1963) em clássico artigo publicado na primeira edição do *Journal of Accounting Research*, o custeio pleno já possuía utilização na formação de preço de venda (*pricing*) na década de 60. Mesmo recentemente, essa utilização do custeio

pleno para fins gerenciais no que tange à formação de preços ainda é encontrada, conforme expõem Balakrishnan e Sivaramakrishnan (2002) e Martins e Rocha (2010, p. 137), por exemplo, com a "prática de preços de venda que recuperem o custo pleno".

Convém ressaltar que o custeio pleno também recebe críticas de alguns pesquisadores. Martins e Rocha (2010, p. 137) apontam, como principal vulnerabilidade do método de custeio pleno, que "dada a dificuldade ou mesmo a impossibilidade de se identificarem bases de alocação lógicas para raterar gastos fixos de administração e vendas, acaba-se por utilizar critérios bastante arbitrários." Finalmente, Cooper e Kaplan (1988, p. 25) criticam o custeio por absorção e o custeio pleno que ao afirmarem que:

Sistemas tradicionais que atribuem custos aos produtos utilizando base simples baseadas em volume distorcem seriamente os custos dos produtos. A distorção é sistemática. Produtos com baixo volume são sub-custeados e os produtos com alto volume são super-custeados.

3.2 CUSTEIO VARIÁVEL E CUSTEIO DIRETO

Em sua concepção restrita, o método de custeio variável caracteriza-se por apropriar, aos objetos de custos (ex: produtos, unidades de produtos, famílias de produtos clientes, pedidos, segmentos da empresa, entre outros), somente os custos que variam diretamente com o volume produzido, "ficando os fixos separados e considerados como despesas do período, indo diretamente para o Resultado; para os estoques só vão, como consequência, custos variáveis" (MARTINS, 2010, p. 198). Nas palavras de Martins e Rocha (2010, p. 59), no custeio variável "se atribuem aos produtos apenas os custos diretos em relação a cada unidade produzida, isto é, os identificáveis e mensuráveis em relação a cada unidade de produto, de maneira clara, direta, precisa, objetiva e economicamente viável, ou seja, os custos variáveis".

Convém observar que o custeio variável é também chamado por alguns autores como custeio direto (ex: FOSTER; BAXENDALE, 2008). No entanto, nem sempre o custeio variável considera - no custeamento dos objetos de custos - apenas os custos que podem ser diretamente mensurados e atribuídos (custos diretos), pois pode também considerar custos indiretos (de difícil mensuração e de atribuição) que

possuem comportamento variável. Desta forma, o método de custeio variável pode ser considerado como conceitualmente diferente do método de custeio direto. No contexto do custeamento de unidades de produtos, Martins e Rocha (2010, p. 59) argumentam que:

o Custeio Variável não deve ser chamado de Custeio Direto, pois, de acordo com a sua definição, nem todos os custos diretos vão para os produtos: os custos fixos, mesmo que sejam diretos - custos fixos identificáveis com determinados produtos - não são eles apropriados e sim descarregados no resultado. (Lembre-se de que os custos variáveis se igualam [...] aos custos diretos das unidades produzidas, mas não aos custos diretos de determinado produto ou linha de produção).

Desta forma, no contexto do custeamento de unidades de produtos, não se trata de custeio direto, pois nem todos os custos diretos - em relação aos produtos - são apropriados; só os que são diretos em relação às unidades, ou seja, os variáveis. Nesse sentido, para Martins e Rocha (2010, p. 59), “não existe custeio direto” em relação ao custeio de unidades de produtos dos custos diretos considerados como fixos no período (ex: mão de obra com remuneração mensal fixa que não pode ser apropriada diretamente aos produtos). Ainda, Martins e Rocha (2010, p. 36) elucidam que:

Nem todos os custos diretos de um produto o são em relação às unidades produzidas; há muito poucos custos diretos em relação às unidades produzidas. Exemplos [...] em indústrias de manufatura: matéria-prima; material de embalagem; material secundário; partes, peças, componentes e subconjuntos; mão de obra, sempre que sua quantificação por unidade produzida seja possível etc.

Nesse sentido, para efeito desta tese, utilizar-se-á a denominação “custeio direto/variável” em uma perspectiva ampliada para designar o método de custeio que apropria - aos objetos de custos- somente os custos e as despesas que variam diretamente com o volume produzido e vendido (custos variáveis) e que podem ser mensurados e atribuídos diretamente aos objetos de custos (custos diretos), tal como utilizado em outros estudos publicados (Ex: COSTA, 1998; SARAIVA JR., 2010; SARAIVA JR.; COSTA, 2010b; SARAIVA JR.; RODRIGUES; COSTA, 2010; SARAIVA JR.; TABOSA; COSTA, 2011). Pela perspectiva desse método, os custos (e despesas) fixos e indiretos não são considerados no cálculo do gasto dos produtos e dos estoques. Por exemplo, a metodologia de cálculo dos custos e da medida de lucratividade dos produtos do sistema de apoio à decisão POC® –

Preços, Orçamentos e Custos Industriais, tem como base o custeio direto/variável (COSTA; FERREIRA; SARAIVA JR., 2010)

Martins e Rocha (2010, p. 37) esclarecem que, para que um custo seja direto em relação a um produto ou a uma unidade de produto, “é necessário que haja um fator ou medida de consumo por meio do qual seja possível mensurar a quantidade de recursos consumidos, utilizados ou transformados.” Desta forma, apenas os custos de material, de mão de obra, de utilidades (ex: energia elétrica, gás natural, etc. que possam ser mensurados e apropriados a um produto ou a uma unidade de produto) e de serviços de terceiros que variam com volume de produção - e as despesas (p. ex. comissão para vendedores, frete de entre, royalties etc.) que variam com o volume de venda – e que podem ser diretamente mensurados e atribuídos são inclusos no gasto de um produto ou de uma unidade de produto (COSTA; 1998; HANSEN; MOWEN, 2001; FOSTER; BAXENDALE, 2008). Aqui, cabe o esclarecimento fornecido por Martins e Rocha (2010, p.41-42):

Se um elemento de custo [que são os fatores de produção utilizados, consumidos ou transformados] é direto em relação às unidades produzidas, então ele é variável em relação ao seu volume de produção; logo, todos os custos diretos (em relação às unidades) são variáveis; [...] se um elemento de custo é variável em relação ao volume de produção de determinado [tipo de] produto, então ele é direto tanto em relação a esse [tipo de] produto com as suas unidades. Todavia, há que se notar que há situações em que determinados custos variáveis são contabilizados como se fossem indiretos; é o caso, por exemplo - numa indústria de calçados - de grampo, cola, etiqueta, linha e outros aviamentos, produtos para lustrar o couro dos sapatos, fita de reforço etc. Esses custos são todos diretos, identificados - ainda que aproximadamente - tanto por produto como por unidade nas respectivas fichas técnicas. O que ocorre, muitas vezes, na prática, é que esse tipo de custo, embora seja direto (pois mensurável por [tipo de] produto e por unidade), acaba sendo contabilizado como se fosse indireto e rateado aos produtos pelas seguintes razões: (i) o valor de custos do recurso é relativamente baixo e (ii) o custo da sua mensuração e contabilização por unidade de produto pode ser relativamente alto.

Feitos os devidos esclarecimentos, o método de custeio direto/variável, em uma perspectiva ampliada, ao identificar os gastos de comportamento variável que podem ser diretamente atribuídos aos objetos de custo, permite uma análise gerencial em função do grau de participação de cada componente no gasto total do objeto de custo, trazendo conclusões objetivas do ponto de vista gerencial (GARRISON; NOREEN; BREWER, 2006; SARAIVA JR.; RODRIGUES; COSTA, 2010). Embora seja utilizado para fins de tomada de decisões gerenciais, o custeio direto/variável não é adequado em relação à legislação e às normas contábeis e

fiscais brasileiras (BRUNI, 2006; COSTA; FERREIRA; SARAIVA JR., 2010). Ainda, comparando o método de custeio direto com o custeio por absorção, Ludícibus (1995, p. 3) afirma que:

[...] sob o ponto de vista de uma teoria contábil visando principalmente o usuário externo à empresa, nunca esta teoria privilegiou custeamento direto para avaliação de ativos. Ao contrário, ativos baseados em custeio de absorção têm, via de regra, muito mais precisão como estimadores da verdadeira potencialidade econômica do ativo do que sua representação apenas pelos custos variáveis.

Derivada do custeamento direto e variável, a margem de contribuição (MC) é calculada pela diferença entre a receita e a soma de custos e despesas que possuem comportamento variável e podem ser diretamente atribuídos aos objetos de custo, fazendo com que seja evidenciado o valor que cada unidade produzida, tipo de produto, linha de produto, pedido ou cliente proporciona à empresa de sobra entre a sua receita e o custo que de fato tenha provocado (MARTINS, 2010). Os custos fixos (normalmente difíceis de serem atribuídos diretamente aos objetos de custos, ou seja, são custos indiretos) e as despesas operacionais fixas são subtraídos desta margem de contribuição para se obter o lucro operacional da empresa em um determinado período.

Quando a unidade de mensuração é uma unidade de produto, tem-se a margem de contribuição unitária (MCu). Dentre as variáveis contábeis que impactam o cálculo da MCu, podem ser destacadas (PADOVEZE, 2006): custos variáveis diretos unitários de material, de mão de obra e de utilidades (energia, água, ar-comprimido, entre outros); despesas variáveis diretas unitárias (comissões de venda, frete de entrega, entre outros); e preços de venda. Convém ressaltar que há divergências sobre a classificação da mão de obra direta como custo variável.

Por exemplo, Guerreiro (2006) considera a mão de obra direta como um recurso com custo de comportamento recorrentemente fixo e, portanto, deve ter a sua inserção evitada no cálculo da margem e contribuição dos produtos. Conceito similar é utilizado pela Teoria das Restrições / Contabilidade de Ganhos. De acordo com Cogan (2007), a Teoria das Restrições considera apenas o custo de material direto no cálculo da medida de lucratividade de produtos, o “ganho”.

Desta forma, na situação em que o custo de mão de obra direta é tido fixo no período e não é considerado no custeamento do produto, e ainda quando não são

consideradas outras eventuais despesas variáveis unitárias (ex: comissão sobre venda, gasto com distribuição do produto, etc.), a margem de contribuição pode se assemelhar ao conceito de ganho da TOC (COGAN, 2007). Nesse sentido, o custo considerado pela TOC no cálculo do ganho unitário faz com que o ganho seja caracterizado como uma forma extrema da margem de contribuição do custeio direto/variável, justamente, por considerar como custo direto somente o relativo aos materiais (KEE; SCHMIDT; 2000; COGAN, 2007). Ainda, de forma geral, a Teoria das Restrições diferencia-se do custeio direto/variável também pela consideração do consumo de recurso gargalo na definição da medida de lucratividade dos produtos que impacta na decisão de *mix* de produtos. Todavia, Martins (2010), apoiado no estudo de Kobata (1976), aborda o consumo do recurso gargalo (restrição) no contexto da margem de contribuição. No capítulo 4 desta tese, o uso da TOC na decisão de *mix* de produtos é discutido de forma detalhada.

A margem de contribuição propicia informações aos gestores para decidir se é coerente diminuir ou expandir uma linha de produção, para avaliar as alternativas provenientes do *mix* de produção e venda e de propagandas especiais, para verificar se é economicamente interessante aceitar um pedido ou não (SARAIVA JR.; TABOSA; COSTA, 2011), além de verificar quais produtos, pedidos e clientes são mais lucrativos para a empresa (ASSEF, 2005). A Figura 26 apresenta, esquematicamente, o modelo conceitual do método de custeio direto/variável com o cálculo da margem de contribuição.

Figura 26 - Modelo conceitual do custeio direto/variável com geração de resultados com margem de contribuição

Fonte: Adaptado de Costa (1998)

Cooper e Kaplan (1988, p. 25) criticam o método de custeio direto/variável, afirmando que este “mesmo sendo corretamente implementado, não parece ser uma solução - e pode ser talvez um problema acentuado - para o custeio de produtos no ambiente contemporâneo de manufatura”. As críticas de Cooper e Kaplan (1988) dizem respeito ao pouco ou ao não tratamento dos custos indiretos que o custeio direto/variável dá, pois estes são considerados como despesas do período.

Buscando integrar alguns dos conceitos (e, até mesmo, limitações) do custeio variável e do custeio por absorção, Martins e Rocha (2010, p. 118) introduzem o que eles denominam “custeio por absorção parcial modificado”, sendo este um método de custeio que “atribui aos produtos os custos variáveis e os fixos operacionais. Os custos fixos estruturais e as despesas são debitados diretamente do resultado do período em que são incorridos, segundo o Princípio da Competência.” (MARTINS; ROCHA, 2010, p. 118).

Assim, consegue-se (i) evitar a arbitrariedade relativa à alocação dos custos fixos estruturais aos produtos, além de (ii) apropriar aos produtos custos que, embora fixos em relação ao volume de produção, têm seu valor influenciado pelo *mix* de produtos, pela logística de produção, pela programação de produção, pelo processo

de controle de qualidade, manutenção, etc. O uso empresarial do custeio por absorção parcial modificado é reportado por Pinzan (2013), por exemplo.

Nas palavras de Martins e Rocha (2010, p. 118), o custeio variável (para efeito da corrente tese denominado como “custeio direto/variável”) e o custeio por absorção parcial (para efeito da corrente tese denominado como “custeio por absorção”):

caracterizam uma situação de extrema dicotomia: o primeiro leva a custo unitário mínimo, desconsiderando custos importantes, relacionados às ordens de produção, aos respectivos lotes e aos produtos [ou seja, custos fixos operacionais; ex: gastos com supervisão da produção, energia elétrica, manutenção de equipamentos,]; o segundo vai ao outro extremo, praticando rateios arbitrários de custos fixos estruturais aos produtos. Daí a constatação da conveniência de se adotar um método de custeio que seja capaz de, por um lado, não praticar rateios arbitrários. Essa é a lacuna que [...] [o método de custeio por absorção parcial modificado] vem a preencher.

Desta forma, para se entender a lógica do método de custeio por absorção parcial modificado, cabe aclarar as diferenças entre custos fixos operacionais e custos fixos estruturais:

Os Custos Fixos estruturais, [...] pela sua natureza, são relacionados às instalações como um todo; são, portanto, geralmente, indiretos e não rastreáveis [...] aos produtos, exceto se as instalações forem dedicadas a um só item [tipo de produto] - e ainda assim seriam indiretos em relação às unidades produzidas. Em sentido inverso, a maioria dos Custos Fixos Operacionais, ainda que indiretos, apresentam condições de rastreabilidade aos [tipos de] produtos e, conseqüentemente, às unidades produzidas. Conclui-se, portanto, que são, geralmente, custos rastreáveis (MARTINS; ROCHA, 2010, p. 43).

Finalmente, sabendo que o diferencial do método de custeio por absorção parcial modificado em relação ao custeio direto/variável e ao custeio por absorção é a apropriação aos produtos dos custos fixos/indiretos operacionais e, sendo estes diferenciáveis em relação aos custos fixos/indiretos estruturais devido à rastreabilidade, aqui cabe uma explanação do que são os custos fixos/indiretos rastreáveis e os não rastreáveis:

Custos indiretos rastreáveis [...] são aqueles que podem ser alocados a determinada entidade objeto de custeio [ex: tipo de produto, unidade de produto, etc.] através de direcionadores lógicos, isto é, que representem a verdadeira relação de causa e efeito entre o comportamento do direcionador e o do respectivo custo. [...] Custos indiretos não rastreáveis são aqueles que não podem ser alocados a determinada entidade objeto de custeio por falta de evidência de relação causal de qualquer variável com o comportamento do custo sob análise (MARTINS; ROCHA, 2010, p. 40).

3.3 CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES

A partir da década de 1980, observou-se um aumento da parcela dos custos indiretos em relação à estrutura de custos das organizações, por exemplo, quando comparado aos custos de mão de obra direta que foram decrescendo ao longo dos anos (NAKAGAWA, 2001). O aumento da variedade de produtos exigidos pelo mercado que, por consequência, afetou a variedade de produtos oferecidos pela empresa, acarretou em uma elevação dos custos com automação, processamento, programação, armazenagem, engenharia industrial, distribuição e inspeção (COOPER; KAPLAN, 1988; KAPLAN; ANDERSON, 2007a; 2007b), fazendo com que a proporção dos custos indiretos no total de custos empresariais aumentasse ao longo dos anos, tal como ilustra a Figura 27.

Figura 27 - Evolução da composição dos custos empresariais

Fonte: Nakagawa (2001)

Com essa mudança na composição dos custos das organizações, a alocação dos custos indiretos passou a requerer um método com maior acurácia, pois a distribuição dos custos indiretos a partir da simples adoção de critérios arbitrários (ex: bases de rateio abalizadas no tempo de mão de obra direta e nas horas-máquina de produção) estava acarretando distorções consideráveis no cálculo dos custos dos produtos (COOPER; KAPLAN, 1990; SHANK; GOVINDARAJAN, 1993), em especial nos ambientes de manufatura em que os custos indiretos representam uma porção significativa do custo total (TSAI *et al.*, 2008).

Em uma das primeiras páginas do livro sobre gestão de custos de Shank e Govindarajan (1993, p. 4) é expressa uma frase que retrata adequadamente o novo momento em que as organizações estavam vivenciando na década de 1980 e a

resposta que os estudiosos sobre métodos custeio e gestão de custos precisariam dar a esse novo contexto: “*New times often call for new thinking*”. Desta forma, houve uma intensificação nos estudos sobre metodologias de custeio que reduzissem as distorções provocadas pelo rateio arbitrário dos custos indiretos. Um dos métodos formalizados foi o custeio baseado em atividades (do inglês, *activity based costing* - ABC) com premissas desenvolvidas, de acordo com Jones e Dugdale (2002), por um consórcio internacional de pesquisa sediado nos Estados Unidos (*Consortium for Advanced Manufacturing, International* - CAM-I).

Nesse consórcio, empresas, agências do governo norte-americano e pesquisadores uniram forças para desenvolver ferramentas de gestão (entre elas o ABC) para melhorar a competitividade das empresas dos EUA em face às oportunidades e ameaças geradas por tecnologias emergentes, mercados mutantes, aumento da competição internacional e pelo processo de “japanização” dos produtos americanos (JONES; DUGDALE, 2002). A Figura 28 apresenta a composição do CAM-I.

Figura 28 - Composição do CAM-I

Empresas	
Automotive Sector, Allied Signal	Alison Gas Turbine Division, G. Motors
Boeing Military Aircraft	British Aerospace
Eastman Kodak	Eaton Corporation
Garrett Turbine Engine	General Dynamics/Fort Worth
General Electric	Grumman Corporation
BMV Division, Harsco Corporation	Hughes Aircraft
International Computers	ITT-AMT Center
Lockheed Aeronautical Systems	Lockheed Missiles & Space
Martin Marietta Energy Systems	McDonnell Douglas
Motorola	Plessey
Pratt & Whitney Aircraft	RHP Industrial Bearings
Rockwell International	TRW
Westinghouse Electric	Williams International
Agências Governamentais	
GTE Government Systems	AFWAL/MLTC, US Airforce
US Department of Energy	US Navy
Prestadoras de Serviços de Contabilidade	
Arthur Andersen	Arthur Young
Coopers & Lybrand	Ernst & Whinney
Peat, Marwick, Main	Price Waterhouse
Membros de Universidades e de Associações Profissionais	
George Foster (Stanford)	<u>Robert S. Kaplan</u> (Harvard)
Jeffrey Miller (Boston)	Wickham Skinner (Harvard)
Michael C. Burstein (Ind. Tech. Inst.)	Bernard Coda, (North Texas State)
<u>Robin Cooper</u> (Harvard)	Bela Gold (Claremont)
Anthony Hopwood (LSE)	Dan Shunk (Arizona State)
William G. Sullivan (Tennessee)	Gerry Susman (Pennsylvania State)
National Association of Accountants	American Association of Accountants
American Society of Mech. Engineers	

Fonte: Berliner e Brimson (1988) *apud* Jones e Dugdale (2002)

Dentre os pesquisadores do CAM-I, estavam os professores Robim Cooper e Robert Kaplan da *Harvard Business School* que difundiram os conceitos do ABC através de publicações acadêmicas. Convém observar que, apesar dos professores Robim Cooper e Robert Kaplan terem ganhado notoriedade com a difusão do ABC, não há a certeza, na literatura, da origem dos aspectos conceituais do ABC. De acordo com Martins e Rocha (2010), há indícios da existênciade aspectos conceituais do ABC nas primeiras décadas do século XX e menções acerca da utilização do artefato, mesmo sem a denominação ABC, na década de 1950 pela empresa General Eletric.

Cooper e Kaplan (1988) ao acompanharem a insatisfação de empresários e gestores em relação aos métodos tradicionais de custeio (ex: absorção) formalizam e lançam na literatura o “custeio transacional” (tradução de *transaction costing*) com o objetivo de superar os problemas que a alocação arbitrária de custos indiretos causa em termos de distorções no cálculo dos custos e da lucratividade de pedidos, produtos e clientes.

Cooper e Kaplan (1988, p. 25) são enfáticos ao afirmar que “um tipo diferente de base de alocação deve ser utilizado para os custos indiretos que variam com o número de transações realizadas, em oposição ao volume de produtos produzidos”. Desta forma, dois anos mais tarde, Cooper e Kaplan (1990) lançam na literatura as bases do então denominado ABC (inicialmente, custeio transacional). O ABC, considerado por Kee (2008) e por como uma mudança de paradigma para os métodos tradicionais de custeio, busca diminuir os erros de alocação de custos indiretos, além de apurar custos de situações atípicas, tais como o aumento do tamanho do lote de produção e fabricação de produtos customizados.

Cooper e Kaplan (1990) explicitam que, no modelo ABC, os custos são atribuídos aos produtos a partir das atividades do processo produtivo com base nos consumo (transações) das mesmas. No ABC, assume-se como pressuposto que os recursos de uma empresa são consumidos por suas atividades e não pelos produtos que ela fabrica. Os objetos de custos, tais como os produtos, surgem como consequênciada aplicação das atividades consideradas estritamente necessárias para a produção e distribuição destes (NAKAGAWA, 2001).

Antes de se realizar um detalhamento do ABC, convém definir os principais elementos conceituais que o constituem, a saber: recursos, atividades, objetos de custos e direcionadores de custos. Os “recursos” podem ser definidos como elementos econômicos (ex: pessoas, materiais, suprimentos, equipamentos, tecnologias e instalações) aplicados ou utilizados para a consecução das atividades ou para diretamente suportar os objetos de custos (MARTINS, 2010). Nakagawa (2001, p. 42) define “atividade” como “um processo que combina de forma adequada, pessoas, tecnologia, materiais, métodos e seu ambiente, tendo como objetivo a produção de produtos.”

Os “objetos de custos”, de acordo com Pamplona (1997), podem ser definidos como a razão pela qual as atividades são realizadas (ex: unidades de produtos - bens e serviços, tipos de produtos, lotes de produtos, linhas de produtos, pedidos, clientes, tipos de clientes, canais de distribuição, entre outros objetos que se queira custear de acordo com interesse dos gestores da empresa). Nas palavras de Martins e Rocha (2010, p. 3), um objeto de custo, ou entidade objeto de custeio, refere-se a “tudo aquilo cujo custo seja necessário ou útil calcular, quer seja no âmbito da Contabilidade Societária, quer seja no da Gerencial”. Finalmente, um “direcionador de custos” pode ser entendido como um fator causal que determina o consumo de recursos e o custo de uma atividade e/ou de um objeto de custos (NAKAGAWA, 2001; MARTINS, 2006).

Depois de definidos os principais elementos conceituais do ABC, a sequência da corrente seção analisa detalhadamente e criticamente o ABC que, de forma geral, pode ser definido como:

Um método que aloca custos de atividades a objetos de custos tais como produtos, serviços e clientes, com base em dois estágios principais. O primeiro estágio atribui custos às atividades de acordo com o consumo que cada atividade faz de recursos. O segundo estágio atribui custos das atividades aos objetos de custos de acordo com o consumo que cada objeto de custos faz das atividades. (CAM-I, 1990 *apud* MAJOR, 2007, p. 160)

No entanto, o ABC não pode ser visto apenas como uma forma de custear objetos de custos, mas também como uma metodologia de gestão de processos e de atividades. Nakagawa (2001, p. 69) argumenta que o ABC pode ser dividido conceitualmente em duas visões: (i) “visão de aperfeiçoamento de processos”; e (ii) “visão econômica e de custeio”. De forma ilustrativa, a Figura 29 apresenta o modelo conceitual do ABC considerando as duas visões.

Figura 29 - Modelo conceitual do ABC

Fonte: Adaptado de Turney (1991) e Nakagawa (2001)

A visão de aperfeiçoamento de processo está relacionada com o que Kaplan e Cooper (1998), Horngren, Datar e Foster (2003) e Martins e Rocha (2010) consideram como gestão baseada em atividades (do inglês *activity-based management- ABM*). O ABM pode ser descrito como o conjunto de decisões gerenciais que utiliza as informações do ABC para fundamentar iniciativas de melhoria de processos (ex: reengenharia) e aumentar a lucratividade da empresa. Incluem-se como decisões gerenciais as relacionadas com apuração de produtos (do inglês, *pricing*), redução de custos, melhoria de processo e desenvolvimento de produtos (KAPLAN; COOPER, 1998; HORNGREN; DATAR; FOSTER, 2003; MARTINS; ROCHA, 2010).

Conforme argumenta Nakagawa (2001, p. 62), o ABC na visão de aperfeiçoamento de processo dá suporte à tomada de decisão gerencial na medida em “que auxilia os gerentes a descobrirem as rotas do consumo dos recursos da empresa”. De forma sumarizada e conclusiva, Martins e Rocha (2010, p. 140) pontuam que “o objetivo principal do ABC é a mensuração de custos e o do ABM é a gestão de custos, por meio da melhoria dos processos”.

A visão de econômica e de custeio, visão esta na qual a corrente teseem construção se ancora e se aprofunda, é detalhada na Figura 30.

Figura 30 - Detalhamento do modelo conceitual do ABC na visão econômica e de custeio

Fonte: Adaptado de Turney (1991) e Innes, Mitchell e Yoshikawa (1994)

O modelo conceitual do ABC na visão econômica e de custeio assume que os objetos de custos (ex: produtos, unidades de produtos, clientes, etc.) geram a necessidade por atividades que, por sua vez, geram a necessidade por recursos da empresa. Primeiramente, os recursos são divididos em diretos e indiretos com relação ao objeto a ser custeado. No caso de produtos, por exemplo, as matérias-primas podem ser citadas como recursos diretos e o pessoal de engenharia da empresa pode ser considerado como um recurso indireto. Os custos dos recursos diretos são traçados/atribuídos diretamente ao objeto de custo. Já os custos dos recursos indiretos são apropriados aos objetos de custos a partir de um procedimento de dois estágios do ABC.

Aqui, cabe uma discussão acerca dos custos dos recursos indiretos que, para alguns autores, são denominados na literatura como "*overheads*". De acordo com Horngren, Datar e Foster (2000) e Hansen e Mowen (2011), os *overheads* são os custos relacionados à produção que não são os de material direto e de mão de obra direta. Por sua vez, Blaxill e Hout (1991) definem *overheads* como os custos da organização relativos às pessoas, incluindo às assalariadas (ex: operários da produção), as assalariadas indiretas e as horistas de apoio. Já Cooper e Kaplan

(1990) consideram como *overheads*, além dos custos indiretos de fabricação (CIF), os gastos com marketing, administração geral e desenvolvimento de produtos, por exemplo. Aproximando-se do construto de Cooper e Kaplan (1990) numa visão expandida que contempla os custos indiretos e as despesas da organização, Martins e Rocha (2010, p. 141-142) definem *overheads* como:

custos relativos a atividades de natureza preponderantemente administrativa, inclusive as relacionadas à gestão da produção, incluindo, portanto, todo o apoio ao ambiente produtivo. Não são considerados *overheads* o custo dos materiais diretos e os relacionados intrinsecamente ao processamento dos bens e serviços produzidos, tais com mão de obra direta, depreciação das máquinas e equipamentos de produção, a energia consumida para operar essas máquinas e equipamentos etc. Por conseguinte, o termo *overhead* compreende todos os gastos com a administração geral (planejamento, orçamento, contabilidade etc.), administração financeira e o custo das atividades de apoio ou complemento ao processo produtivo, planejamento e controle da produção, gerência, supervisão, controle de qualidade e logística, no que se refere ao processo de suprimento (aquisição, estocagem e movimentações de materiais). [...] Os *overheads*, geralmente, são custos indiretos em relação aos produtos, mas há situações, excepcionais, em que são diretos. Suponha-se o controle de qualidade numa planta de produção em que apenas um produto seja produzido; trata-se de atividades de apoio (*overhead*), mas diretamente identificáveis e mensuráveis com o único artigo ali produzido.

Kaplan e Anderson (2007a) propõem o agrupamento dos gastos não diretamente traçáveis/atribuíveis às entidades objetos de custos (ex: produtos), ou seja, os *overheads*, em departamentos cujos gastos incluem pessoal diretamente relacionado à execução do serviço, supervisores, tecnologia da informação, ocupação, entre outros. Considerando as definições supracitadas e corroborando com as conclusões de Viana (2012), pode-se aduzir que a definição de *overhead* é difusa na literatura e ainda carece uniformidade conceitual.

Retornando à operacionalização do ABC, de acordo com Turney (1991), Tsai e Lai (2007) e Tsai *et al.* (2008), no primeiro estágio, os custos (ou gastos) dos recursos indiretos são apropriados às várias atividades da empresa a partir do uso de direcionadores de recursos. Martins (2010) explica que os direcionadores de recursos ou de primeiro estágio identificam a maneira pela qual as atividades consomem recursos e servem para custeá-las, ou seja, demonstra a relação entre os recursos gastos e as atividades. Costa (1998) argumenta que estimativas dos recursos despendidos nas atividades podem ser obtidas através de entrevistas, questionários e cartões de apontamento de tempo. Tsai (1996) indica a amostragem

de trabalho como a melhor maneira de medir os esforços (recursos) despendidos nas atividades.

No entanto, Kaplan e Anderson (2007a) argumentam que as alocações dos custos dos recursos às atividades no 1º estágio ocorrem, normalmente, via entrevistas com o pessoal de cada departamento e levantamento de informações para definir as porcentagens de tempo e de recursos que são utilizadas (historicamente - três a seis meses) em cada atividade da empresa. Cada recurso apropriado a uma atividade torna-se um elemento de custo (ex: pessoal de Planejamento, Programação e Controle da Produção e dos Estoques - PPCPE; supervisão de fábrica; materiais para inspeção de qualidade; entre outros) e são representados em medidas monetárias.

Convém observar que a ideia supracitada de elemento pode ser expandida para os recursos organizacionais que representam despesas, tais como comissões de venda, pessoal de Recursos Humanos, despesas com publicidade, materiais de escritório, pró-labore, entre outros. Nesse sentido, para fins da corrente pesquisa, a terminologia "elemento de custo" pode ser expandida para "elemento de gasto" numa visão que abrange os custos e as despesas envolvidos com a produção e a venda dos produtos.

No segundo estágio, cada atividade é distribuída aos objetos de custos utilizando um direcionador de atividades (TURNERY, 1991; TSAI; LAI, 2007; TSAI *et al.*, 2008). Os direcionadores de atividades ou de segundo estágio identificam a maneira pela qual os objetos de custos consomem atividades e servem para custeá-los, ou seja, demonstra a relação entre as atividades demandadas e os objetos de custos (MARTINS, 2010).

Kaplan e Cooper (1998) consideram três tipos de direcionadores de atividades, a saber: direcionadores de transação (*transaction drivers*), que contabilizam quantas vezes uma atividade é utilizada considerando que a mesma quantidade de recursos é requerida para cada transação/atividade; direcionadores de duração (*duraction drivers*), que representam a quantidade de tempo que uma atividade usa para ser realizada; e direcionadores de intensidade (*intensity drivers*), que se aplicam a atividades idiossincráticas que não podem ser mensuradas nem pelo número de transações, nem pelo tempo de execução.

Martins e Rocha (2010, p. 147) ressaltam que “a correta identificação dos direcionadores é crucial para a acurácia do processo de custeio, constituindo-se no aspecto mais crítico do ABC”. Esta criticidade advém do fato de que, em termos ideais, os direcionadores de custos devem ser correlacionados com o consumo de recursos de forma tal a ser validado estatisticamente. Na prática, este processo de validação estatística não é simples visto que a coleta de dados de todos os recursos, atividades e objetos de custos para a formação de séries temporais (MARTINS; ROCHA, 2010) e/ou para a operacionalização de modelos de correlação demanda tempo e um amplo esforço da organização.

A título de exemplificação, podem ser citados alguns pares “atividade – direcionador” extraídos da literatura, a saber (MARTINS;ROCHA, 2010):

- Preparar orçamentos - quantidade de orçamentos realizados;
- Comprar materiais - quantidade de pedidos;
- Receber materiais - quantidade de recebimentos;
- Inspecionar produtos - quantidade de inspeções;
- Armazenar produtos - quantidade de lotes;
- Efetuar trabalho de engenharia - horas de trabalho;
- Realizar *setups* de máquinas - quantidade de ordens de fabricação;
- Entrar em contato com clientes - quantidade de clientes contatados;
- Movimentar materiais - quantidade de solicitações de materiais;
- Expedir produtos - quantidade de expedições;
- Preparar contratos - quantidade de contratos;
- Pagar fornecedores - quantidade de pagamentos;
- Programar a produção - quantidade de ordens de fabricação;
- Retrabalhar - quantidade de peças defeituosas;
- Realizar análises laboratoriais - quantidade de amostras;
- Faturar - quantidade de notas fiscais emitidas;
- Transportar produtos - distância percorrida.

Ao fazer uso de vários direcionadores de custos, o ABC, quando comparado aos métodos de custeio que alocam custos aos objetos de custos com base em volume:

possibilita uma compreensão mais abrangente do comportamento dos custos do que aquela baseada na sua variabilidade, apenas, em relação ao volume de produção dos produtos-fins da organização, destinados aos clientes externos. Os direcionadores permitem associar a visão econômico-

financeira dos custos a aspectos físico-operacionais outros que não só os relativos ao volume de produção. O ABC permite a identificação do consumo de recursos em função da complexidade [ex: existência de uma ampla gama de produtos, componentes e processos] e outros fatores, mais que pelo volume de produção; custos gerados por *setups* mais frequentes, por produtos com muitos componentes, linhas de produtos com alterações frequentes em função de solicitações de clientes etc. (MARTINS; ROCHA, 2010, p. 161).

De forma ilustrativa, Tsai *et al.* (2008) argumentam que os recursos utilizados em empresas de manufatura podem incluir (i) “pessoas” (ex: operários, supervisores e engenheiros), (ii) “máquinas / equipamentos” (ex: prensas, injetoras e estufas), (iii) “utilidades” (ex: energia elétrica) e (iv) “facilidades” (ex: segurança e iluminação da planta produtiva). Os custos de cada um desses quatro tipos de recursos podem ser atribuídos às atividades, respectivamente, através dos direcionadores de atividades “tempo”, “horas-máquina”, “quilowatt-hora” e “área”.

Cooper (1990) e Cooper e Kaplan (1992) categorizam as atividades em quatro tipos: (i) em nível de unidade; (ii) em nível de lote; (iii) em nível de produto; e (iv) em nível de instalações ou facilidades. Martins e Rocha (2010, p. 123) aclaram essa categorização, denominando-a como “taxonomia da hierarquia das atividades”:

- Atividades em nível de unidade: são aquelas realizadas a cada vez que uma unidade é produzida;
- Atividades em nível de lote: são aquelas realizadas a cada vez que um lote é processado;
- Atividades em nível de produto: são aquelas necessárias para sustentar, ou até mesmo para conceber/desenvolver, cada um dos diferentes tipos de produtos;
- Atividades em nível de instalação ou facilidade: são aquelas que dão apoio ao processo de produção de todos os produtos em conjunto.

Os custos das atividades em seus diferentes níveis, a destacar os três primeiros, podem ser traçados aos objetos de custos através de diferentes direcionadores de atividades. Tsai *et al.* (2008) exemplificam que os direcionadores “tempo de máquina”, “horas de preparação (*setup*)” e “número de desenhos” podem ser usadas para as atividades “usinagem” (em nível de unidade), “preparação (*setup*) de máquina” (em nível de lote) e “projeto de produto” (em nível de produto), respectivamente. Convém ressaltar que os custos de atividades em nível de instalações ou facilidades (ex: depreciação e aluguel do edifício/galpão para

produção) são difíceis de serem traçados aos objetos de custos a partir de direcionadores, pois a relação de causa-efeito não é clara entre os objetos de custos e as atividades.

Desta forma, caso não se opte pela desconsideração dos custos de atividades em nível de facilidades, ou seja, atribuí-los diretamente ao resultado do período, faz-se necessário o uso de critérios arbitrários para que estes sejam alocados a objetos de custos tais como produtos e unidades de produtos (DEMMY; TALBOTT, 1998; MARTINS; ROCHA, 2010).

De acordo com Cooper e Kaplan (1992), corroborados por Martins e Rocha (2010), o ABC mensura o consumo e o custo dos recursos “utilizados” na organização, e não dos recursos “disponibilizados”. Desta forma, o ABC permite que sejam visualizados os custos dos recursos que apresentam ociosidade em determinado período de análise.

Considerando tanto a visão de melhoria do processo, como também a visão econômica e de custeio, autores consideram que as informações proporcionadas pelo ABC/ABM podem ser utilizadas em várias decisões gerenciais, tal como mostra o Quadro 8.

Quadro 8 - Utilidades e aplicações do ABC/ABM

AUTOR(ES)	UTILIDADES E APLICAÇÕES DO ABC/ABM
COOPER; KAPLAN (1990)	Auxílio no processo de decisão de apreçamento (do inglês, <i>pricing</i>)
	Auxílio no processo de <i>design</i> /desenvolvimento de novos produtos
	Auxílio no processo de decisão de <i>marketing</i> e propaganda
	Auxílio no processo de decisão de <i>mix</i> de produtos
NAKAGAWA (2001)	Custeamento de produtos, componentes, montagens e submontagens
	Definição de atividades que adicionam e não adicionam valor
	Determinação da lucratividade de produtos, clientes e projetos específicos
	Fornecimento de uma lista de atividades da organização com seus respectivos custos
	Auxílio no processo de decisão de <i>outsourcing</i> / <i>globalsourcing</i>
GUPTA; BAXENDALE (2008)	Auxílio no processo de decisão de integração da cadeia (verticalização)
	Auxilia programas de gestão e controle de qualidade (TQM / TQC)
	Auxilia o processo de design e estruturação de processos
	Auxilia a gestão da força de trabalho
MARTINS; ROCHA (2010)	Auxilia o processo de gestão da capacidade produtiva
	Auxílio na gestão da capacidade, alinhando os recursos disponibilizados aos demandados e possibilitando a visualização de recursos com ociosidade
	Identificação, gestão e mensuração de custos da qualidade
	Revisão da política de atendimento a determinados clientes

	Análise com vistas à transformação de produtos e clientes deficitários em lucrativos
	Auxílio no processo de gestão de preços de transferência

Fonte: Elaborado pelo autor

Nesse sentido, existem várias possibilidades de utilização do ABC na resolução de problemas empresariais, a destacar, relacionados com a gestão de operações (consultar Gupta e Galloway (2003)). Como exemplos de aplicações recentes do ABC que foram publicadas na forma de artigos em periódicos de impacto da Engenharia de Produção e da Contabilidade Gerencial, podem ser citados: Tsai, Yang e Lee (2014), que utilizaram o ABC no contexto da avaliação de ciclo de vida de projetos; Alsmadi, Almani e Khan (2014), que utilizaram o ABC no contexto da decisão de *mix* de produtos em um ambiente de produção enxuta; Khataie e Bulgak (2013), que utilizaram o ABC no contexto da mensuração dos custos da qualidade; Schulzea, Seuring e Ewering (2012), Zhang, Lee e Chen (2012) e Masschelein, Cardinaels e Van den Abbeele (2012), que utilizaram o ABC no contexto da gestão da cadeia de suprimentos; entre outros.

Apesar de fornecer informações úteis para a tomada de decisão gerencial, o ABC ainda não é unanimidade no meio acadêmico e empresarial. Tal como afirma Major (2007), o ABC não consegue custear plenamente os produtos devido à existência de custos de manutenção da estrutura geral da empresa (ex: impostos prediais, aluguel, entre outros), ou seja, custos “em nível de facilidades” que só podem ser alocados aos produtos via critérios arbitrários. O ABC também é criticado por possuir implementação custosa por exigir uma grande quantidade de esforço para armazenar todos os custos (material, de mão de obra e *overhead*) e para traçar e alocar estes custos para produtos individualmente (DEMMY; TALBOTT, 1998; MAJOR, 2007).

Empiricamente, esses argumentos são corroborados pela pesquisa realizada por Al-Omiri e Drury (2007, p. 45) com gestores de 900 empresas de manufatura e de serviços do Reino Unido. Na pesquisa, são apontados os fatores que influenciam a não adoção do ABC, tendo como principal fator a afirmação de que “o benefício percebido do ABC não justifica os custos de implementá-lo”. Além disso, Demmy e Talbott (1998) argumentam que a implantação do ABC é um processo difícil que envolve a descrição do que uma companhia faz de uma maneira distinta à obtida por

meio de uma classificação funcional por departamentos. Essa descrição é feita por meio de atividades e é residência de questionamentos da viabilidade prática de se implantar o ABC.

Outras críticas sobre a implantação do ABC são exibidas nas primeiras páginas de dois artigos e de um de livro de Robert Kaplan e Steve Anderson. A partir da exposição de situações empresariais reais em que o ABC foi implementado a partir de *softwares* especialistas, Kaplan e Anderson (2003; 2004; 2007a; 2007b) relatam que os tempos de processamento das informações geradas pelo ABC (principalmente relativas às atividades e aos direcionadores de custos) e de geração de relatórios gerenciais eram muito longos e acarretavam altos custos, por exemplo, em termos de pessoal.

Além disso, Kaplan e Anderson (2003; 2004; 2007a; 2007b) relatam que no primeiro estágio de implantação do ABC, a coleta de informações exigia um demasiado esforço por se concentrar no levantamento periódico (ex: mensal), junto aos empregados, dos tempos de trabalho dedicados às atividades. Esses problemas, segundo Kaplan e Anderson (2003; 2004; 2007a; 2007b), fizeram muitas das empresas que aderiam ao ABC deixarem de atualizar as informações necessárias à operacionalização do método ou até mesmo abandonarem por completo o uso do ABC para estimar custos e lucratividades de produtos, processos e clientes.

As críticas remetidas ao ABC, junto às fontes bibliográficas, são sumarizadas e organizadas no Quadro 9.

Quadro 9 - Críticas ao ABC

AUTOR(ES)	CRÍTICAS AO ABC
DATAR; GUPTA (1994)	Caso seja definido um número pequeno de centros de custos (<i>cost pools</i>), o ABC tende a apresentar erros de agregação (ex: recursos heterogêneos agrupados em um mesmo centro de custos para se obter um direcionador de custos) e erros de especificação de custos (ex: direcionadores podem não captar adequadamente a relação de causa e efeito entre os produtos e o recursos, pois há muitos recursos heterogêneos agrupados em um mesmo centro de custos)
	Caso seja definida uma grande quantidade de centros de custos (<i>cost pools</i>), ou seja, caso os custos indiretos sejam muito detalhados e pouco agrupados (portanto, menos propensos a apresentarem erros de agrupamento e de especificação), o ABC tende a apresentar mais erros de mensuração (ex: maior número de entrevistas que podem gerar informações imprecisas, mais mensurações com relação aos vários direcionadores definidos para os vários centros de custos).
DEMMY; TALBOTT	O ABC é de difícil implantação, pois exige que os processos da empresa sejam descritos em uma maneira distinta à obtida por meio de uma classificação funcional

(1998)	por departamentos (por atividades)
	O ABC possui implementação custosa
MAJOR (2007)	O ABC não consegue custear plenamente os produtos devido à existência de custos em nível de facilidades
	Gestores podem manipular dados caso eles acreditem que o uso do ABC/ABM ameaça seus poderes e posições na organização
KAPLAN; ANDERSON (2003; 2004; 2007a; 2007b)	No primeiro estágio do ABC, as entrevistas e os levantamentos de dados são demorados e dispendiosos
	Sistemas baseados no ABC “levam dias” para processar um mês de dados
	O ABC possui complexidade de manutenção
	O ABC apresenta dificuldades de modificação depois de implementado (baixa flexibilidade)
	No ABC, alocações de custos baseadas em estimativas individuais subjetivas sobre as porcentagens dos tempos de dedicação dos indivíduos a diferentes atividades podem ser parciais e distorcidas (dificuldade de validação)
	O ABC incorre em “erro teórico” ao ignorar a possibilidade de existir capacidade ociosa (risco de não ser detectada a ociosidade de empregados), pois poucos indivíduos relatam proporção significativa de seu tempo como ociosa ou inútil
MARTINS; ROCHA (2010)	Na implantação do ABC, há dificuldades nos processos de contabilização das transações, documento a documento, por atividade. Muitas vezes, uma proporção relevante dos custos não apresenta condições de contabilização por atividade. Isso torna praticamente inviável alocar todos os custos a todas as atividades
	Há dificuldade prática de utilização de instrumentos estatísticos na determinação dos direcionadores do ABC
	Há dificuldade na formação de grupos de custos homogêneos no início do processo de implantação do ABC
	ABC geralmente demanda a criação de sistemas adicionais, planilhas e <i>time sheets</i> trabalhosos
	ABC deve ser utilizado de forma pontual ou periódica, e não como um sistema recorrente de acumulação de custos

Fonte: Elaborado pelo autor

Partindo das críticas dedicadas ao ABC, Kaplan e Anderson (2003) elaboram um *working paper* e publicam um artigo na *Harvard Business Review* (KAPLAN; ANDERSON, 2004) para apresentar uma nova forma de custeamento, o custeio baseado em atividades e tempo (do inglês *time-driven activity based costing* - TDABC). Três anos depois, em 2007, os mesmos autores publicam um livro pela *Harvard Business School Press*, traduzido para português no mesmo ano, em que é detalhado e são apresentados casos de aplicação do “novo ABC” (TDABC) que, segundo os autores, é superior ao “ABC tradicional ou convencional” em termos de direcionadores de custos utilizados, facilidade de implementação e de flexibilidade para realizar modificações/atualizações (KAPLAN; ANDERSON, 2007a).

Em um estudo comparativo realizado por Balakshinan, Labro e Sivaramakrishnan (2012, p. 16), consideram o TDABC como a "mais recente inovação" em termos de sistemas de custeio de produtos. Entretanto, tal qual os outros métodos de custeios abordados nesta tese, o TDABC também não está isento de críticas, como se verá na seção vindoura.

3.4 CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES E TEMPO

Nesta seção, primordialmente, as premissas e os mecanismos de operacionalização do TDABC são apresentados e detalhados, pois estes são fundamentais para o cumprimento do objetivo do trabalho no que tange à proposição de um modelo de decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva do TDABC. De forma paralela, são expostas e discutidas as principais vantagens do TDABC quando comparado, por exemplo, ao método ABC. Ainda, com base nas publicações internacionais prospectadas na análise bibliométrica e em pesquisa secundária realizada em periódicos brasileiros, são elencadas aplicações do TDABC e discussões/conclusões delas decorrentes. Finalmente, são expostas críticas ao TDABC.

Na literatura acadêmica especializada no que tange à modelagem de custos e à Contabilidade Gerencial, o TDABC é denominado/considerado como “método de custeio” TDABC (do inglês *costing method*, nos termos de Dalci, Tanis e Kosan (2010) e Basuki e Riediansyaf (2014)), “ferramenta” TDABC (do inglês *tool*, nos termos de Aldeoti e Valverdi (2014)), “modelo” TDABC (do inglês *model*, nos termos de Ratnatunga, Tse e Balachandran (2012) e de Campanale, Cinquini e Tenucci (2014)), “metodologia” TDABC (do inglês *methodology*, nos termos de Campanale, Cinquini e Tenucci (2014)), “técnica de contabilidade gerencial” (do inglês *cost management technique*, nos termos de Siguenza-Guzman, Van Den Abbeele e Cattrysse (2014)), “sistema de custos” TDABC (do inglês *costing system*, nos termos de Balakrishnan, Labro e Sivaramakrishnan (2012a; 2012b)) ou “técnica” TDABC (do inglês *technique*, nos termos de Bruggeman *et al.* (2010)).

Dada essa variedade de denominações para um mesmo artefato, para fins da corrente tese, é utilizada a nomenclatura “método de custeio TDABC”, ou somente

TDABC de forma intercambiável, para se referir ao custeio baseado em atividades e tempo.

Para iniciar a discussão, uma descrição básica do TDABC é dada por Kaplan e Anderson (2007a, p. 9):

O TDABC simplifica o processo de custeio, ao eliminar a necessidade de pesquisas e de entrevistas com os empregados, para alocação dos custos dos recursos às atividades, antes de direcioná-los para os objetos de custos (pedidos, produtos e clientes). O novo modelo atribui os custos dos recursos diretamente aos objetos de custos, por meio de um referencial simples, que exige apenas dois conjuntos de estimativas de fácil obtenção. Primeiro, ele calcula os custos de fornecimento de capacidade de recursos [...] Nesse passo inicial, o modelo TDABC calcula os custos de todos os recursos - pessoal, supervisão, ocupação, equipamentos e tecnologia - fornecidos ao departamento ou processo. Esse custo total é dividido pela capacidade - o tempo disponível dos empregados que efetivamente executam o trabalho - do departamento, de modo a determinar a taxa do custo da capacidade. Segundo, o TDABC usa a taxa do custo da capacidade para distribuir os custos dos recursos departamentais entre os objetos de custos, estimando a demanda de capacidade de recursos por cada objeto de custos (tipicamente tempo, o qual determinou a denominação da abordagem).

No TDABC, é ignorada a alocação de custos no 1º estágio que o ABC tradicional utiliza (ver apêndice K) ao realizar os custos dos recursos diretamente aos objetos de custos. Para tal, o TDABC necessita que dois parâmetros sejam estimados: (i) a taxa do custo da capacidade do departamento operacional; e (ii) o uso da capacidade por cada transação ou atividade processada no departamento operacional.

Kaplan e Anderson (2007a, p. 12) pontuam que “ambos os parâmetros podem ser estimados com facilidade e objetividade”, argumento este que é justificado na sequência do texto. Além disso, o TDABC faz o uso de (iii) “equações de tempo” para lidar com a complexidade das atividades da empresa em termos de variações de processos, atividades e produtos. Cada um dos três elementos que fundamentam a operacionalização do TDABC é discutido conceitualmente a seguir.

A (i) taxa do custo da capacidade do departamento pode ser calculada através do seguinte procedimento:

$$Taxa\ do\ custo\ da\ capacidade = \frac{Custo\ da\ capacidade\ fornecida}{Capacidade\ prática\ dos\ recursos\ fornecidos}$$

Para estimar o numerador, são agregados todos os custos de determinado centro de recursos ou “departamento”, entre eles: remuneração e encargos de supervisores,

valor da área utilizada, custos de equipamentos (ex: depreciação), custos de utilidades, custos da administração central e de unidades de apoio (ex: tecnologia da informação) que presta serviços ao departamento operacional. Convém ressaltar que os custos da administração central (ex: realização de auditorias específicas) e das unidades de apoio (ex: instalação de *software*) podem ser alocados aos departamentos de acordo com trabalho efetivo (tempo) que a administração central e as unidades de apoio dedicam (ou dedicaram) ao departamento operacional.

No entanto, Kaplan e Anderson (2007a, p. 53) reconhecem que “nem todos os custos da administração central devem ser atribuídos aos departamentos operacionais”, pois algumas atividades da administração central são funções inerentes à própria administração central (ex: elaboração de demonstrações financeiras para acionistas), sendo executadas independentemente do volume e dos tipos de atividades executadas pelos departamentos operacionais.

Desta forma, Kaplan e Anderson (2007a) afirmam que os custos “não alocáveis/atribuíveis” da administração central devem ser considerados como custos de sustentação da empresa (conceito similar ao de custo de atividade em nível de facilidades), ou seja, custos inevitáveis (fixos) que independem da quantidade de transações e produtos que a empresa realiza. Convém observar que os custos dos departamentos de apoio/suporte/auxiliares cujos consumos de capacidade podem ser relacionados diretamente com os objetos de custos (ex: produtos), são passíveis de serem mensurados de forma similar aos custos dos departamentos operacionais.

Para valorar o denominador, Kaplan e Anderson (2007a) indicam que a capacidade real dos recursos que servem para que o trabalho do departamento operacional seja realizado deve ser mensurada. Kaplan e Anderson (2007a, p. 48-49) argumentam que:

No caso de um departamento em que o ritmo de produção seja determinado pelo trabalho dos colaboradores, [...] a capacidade real é medida pela quantidade de minutos ou horas durante as quais os colaboradores estão disponíveis para executar o trabalho. [...] Nos departamentos automatizados, o ritmo de trabalho é determinado pela capacidade dos equipamentos, onde a capacidade real é medida pela quantidade de tempo de máquina disponível para o trabalho, depois de subtrair as paradas para, digamos, manutenção e reparo.

Kaplan e Anderson (2007a) sugerem que o tempo mensal de trabalho real (capacidade prática) estimado em termos de “colaboradores”, pode ser obtido pelo seguinte procedimento (exemplo numérico entre parênteses):

Capacidade prática dos colaboradores

= nº de dias no ano (365 dias)

– finais de semana ao ano (104 dias)

– feriados ao ano (10 dias)

– férias ao ano (20 dias)

– faltas ao ano (3 dias)

= capacidade prática de trabalho por ano (228 dias)

÷ nº de meses por ano (12 meses)

= capacidade prática de trabalho por mês (19 dias)

× {tempo disponível diário de trabalho por colaborador (8 horas ou 480 minutos)}

– pausa diária no trabalho por colaborador, ex: intervalos e treinamentos (70 minutos)

= capacidade prática diária de trabalho por colaborador (410 minutos)}

= capacidade prática mensal por colaborador (19 dias × 410 minutos

= 7.790 min.) × nº de colaboradores do departamento (10)

= capacidade prática mensal do departamento (77.900 minutos)

Já o tempo mensal de trabalho (capacidade prática) estimado em termos de “equipamentos”, pode ser obtido a partir do uso do método OEE (do inglês *Overall Equipment Effectiveness* ou Eficácia Global do Equipamento) que, de acordo com Dal, Tugwell e Greatbanks (2000) e Hansen (2006), mede a capacidade produtiva de um equipamento em um tempo programado através da identificação e quantificação das perdas englobando três atributos: a eficácia, o desempenho e a qualidade.

A eficácia está relacionada com as perdas de produção por indisponibilidades causadas por manutenção (programada e não programada), fatores externos (ex: falta de água, de vapor e de energia) e para restabelecimento de condições operacionais (ajuste para reinício de produção). O desempenho refere-se às perdas por velocidade de operação e a qualidade é relativa à quantidade de produtos com alguma não conformidade em relação aos padrões de qualidade exigidos pelo cliente expressos nas especificações técnicas do produto definidas pelo setor de Engenharia.

Deste modo, a disponibilidade do equipamento ou o Tempo Mensal Disponível de Operação (TMDO), dentro de um horizonte de análise (ex: mês), é definida como:

$$TMDO_i = \{TOMT - (TMP_i + TMC_i + TTP_i + TP + TPQ)\} \times n_i$$

Onde:

$TMDO_i$	tempo mensal disponível de operação do equipamento i
$TOMT$	tempo de operação mensal total
TMP_i	tempo de manutenção preventiva do equipamento i
TMC_i	tempo de manutenção corretiva do equipamento i
TTP_i	tempo total para preparação (setup) do equipamento i
TP	tempo de permissão dado aos operários para necessidades pessoais
TPQ	tempo de perdas por qualidade
n_i	quantidade de equipamentos do tipo i

Para o cálculo do Tempo de Operação Mensal Total (TOMT), faz-se o uso da seguinte expressão:

$$TOMT = N \times h \times D$$

Onde:

N	número de turnos de operação por dia.
h	tempo de trabalho por turno
D	dias de trabalho no mês

$OTMDO_i$ representa o tempo mensal de trabalho (capacidade prática) de um departamento produtivo/operacional quando a estimativa é feita em termos de “equipamentos” (uma aplicação do método OEE com o cálculo do $TMDO_i$ pode ser visualizada no estudo de Saraiva Jr. (2007); para obter detalhes do artefato gerencial OEE, consultar Hansen (2006)). Vale ressaltar que Kaplan e Anderson (2007a) argumentam que o cálculo da capacidade prática, tanto em termos de colaboradores, como também em termos de equipamentos, não precisa ser absolutamente exato. Por se tratar de um sistema relacionado com a contabilidade gerencial, o TDABC preza pela acurácia das informações, não pela exatidão tal como preconizam os sistemas de contabilidade financeira.

A segunda estimativa exigida pelo TDABC, ou seja, (ii) o uso da capacidade por cada transação ou atividade processada no departamento produtivo/operacional, é obtido de uma forma diferente à obtida via ABC tradicional. Kaplan e Anderson (2007a, p. 13) estabelecem as diferenças entre a mensuração de uso da capacidade feita pelos dois métodos.

O ABC convencional usa um direcionador de transação sempre que uma atividade - como configurar máquina, emitir pedido de compra, ou processar solicitações de clientes - consome mais ou menos a mesma quantidade de tempo. O TDABC, em vez de usar esses direcionadores de transação, simplesmente requer que a equipe do projeto estime o tempo necessário para executar cada uma dessas atividades transacionais. As estimativas de tempo podem ser obtidas através de observação direta ou por entrevistas. Como no caso da estimativa da capacidade prática, a exatidão não é crítica, bastando uma acurácia aproximada. E, ao contrário das porcentagens que os empregados estimam subjetivamente no modelo ABC convencional, as estimativas do consumo de capacidade no modelo *time-driven* podem ser imediatamente observadas e validadas.

Continuando a análise comparativa entre as mensurações do ABC e do TDABC, Kaplan e Anderson (2007a, p. 30) argumentam que:

Com base em nossa experiência, os empregados consideram muito mais fácil estimar o tempo consumido por determinada atividade-padrão [tal como preconiza o TDABC] que estimar a porcentagem de seu tempo total que dedicam a uma atividade, no agregado, ao longo de um período de três a seis meses [tal como preconiza o ABC]. E, se o empregado se mostrar inseguro sobre a estimativa, o líder do projeto sempre dispõe da alternativa de observar diretamente o tempo que alguém leva para executar a transação, tarefa que talvez seja levada a cabo em minutos ou em horas [no TDABC], em vez de semanas ou em meses [no ABC].

A taxa do custo da capacidade multiplicada pelo uso (tempo) estimado para cada transação ou atividade, resulta nas “taxas de direcionadores de custos” de cada transação ou atividade. Portanto, o TDABC utiliza o tempo como principal direcionador de custos, uma vez que Kaplan e Anderson (2007a, p. 27) consideram que “a capacidade da maioria dos recursos, como pessoal e equipamentos, pode ser mensurada de imediato pela duração do tempo em que ficam disponíveis para a execução do trabalho.” Entretanto, Kaplan e Anderson (2007a) ressaltam que outras medidas de capacidade podem ser utilizadas no TDABC, tais como: “metros cúbicos” para medir capacidade (volume) de veículos e espaço de depósito; e “gigabytes” para medir capacidade de armazenamento de dados.

Para determinar o custo de um objeto de custos, como no caso de um produto ou serviço, o TDABC faz o uso de (iii) “equações de tempo”. Em outras palavras, o TDABC necessita que seja desenvolvida uma equação matemática que represente o

tempo básico necessário ao processamento de um pedido de cliente ou produto comum, mais o tempo incremental referente a cada possível variação (ex: pedidos e produtos customizados).

Na visão de Balakrishnan, Labro e Sivaramakrishnan (2012, p. 17), as equações de tempo do TDABC são como "*bill of activities*", uma alegoria à lista de materiais (bill of materials) que especifica o tipo e a quantidade de materiais que cada produto necessita. Nesse sentido, as equações de tempo do TDABC especificam o tipo e o número de transações que cada produto, pedido ou cliente exige de cada tipo de atividade. Matematicamente, a equação de tempo possui comportamento linear e aditivo, sendo expressa da seguinte forma (KAPLAN; ANDERSON, 2007a):

$$\begin{aligned} \text{Tempo de processamento do objeto de custos} &= \text{soma da duração de cada atividade} \\ &= \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_i X_i \end{aligned}$$

Onde:

- β_0 tempo-padrão para a execução da atividade básica
- β_i tempo-padrão para a execução da atividade incremental i
- X_i quantidade de atividade incremental i

Para que a equação de tempo do TDABC possa ser utilizada em um departamento ou processo operacional, todas as atividades básicas e todas as grandes variações (atividades incrementais / adicionais) em torno delas devem ser descritas. Além disso, faz-se necessário que se identifiquem os direcionadores das variações e também que se estimem os tempos-padrão para a atividade básica e para cada variação.

De forma sumarizada, a operacionalização do TDABC segue seis passos básicos, a saber (EVERAEDT, *et al.* 2008):

- 1º Passo: identificar os vários grupos de recursos (departamentos);
- 2º Passo: estimar o custo total de cada departamento;
- 3º Passo: estimar a capacidade prática de cada departamento;
- 4º Passo: calcular o custo unitário de cada departamento (também chamado de “taxa de custo da capacidade”) através da divisão do custo total do departamento pela capacidade prática;

- 5º Passo: determinar estimativas de tempo para cada evento, tomando como base a equação de tempo para a atividade e as características do evento;
- 6º Passo: multiplicar o custo unitário de cada departamento pela estimativa de tempo do evento.

Fazendo uma análise comparativa com o ABC convencional, Kaplan e Anderson (2007a, p. 33-34) expõem as vantagens de se utilizar as equações de tempo do modelo TDABC para lidar com a complexidade do ambiente empresarial (possibilidade de combinações e customizações de produtos/serviços que exigem usos idiossincráticos de recursos).

[No TDABC] o tamanho do modelo aumenta linearmente, em função da complexidade do mundo real, não exponencialmente, como no modelo do ABC convencional. Esse é um enorme benefício decorrente do uso de equações de tempo, em vez de quantidades de transações. [...] se o modelo inicial por acaso omitir algumas variações importantes de um processo ou subprocesso, o analista simplesmente acrescenta novo termo à equação de tempo, para refletir a necessidade de aumento da capacidade de recursos (em geral, tempo) para atender a essa alteração não considerada no início. No ABC convencional, em contraste, uma nova subatividade exige que se estimem de novo todas as alocações percentuais, antes da inclusão da nova subatividade no modelo. Assim, torna-se evidente a maneira como os sistemas ABC convencionais inibem as reavaliações do modelo e sua adaptação constante às mudanças nas operações da empresa.

Para que as equações de tempo do TDABC não sejam afetadas por mudanças decorrentes de reengenharia ou de grandes melhorias nos processos, os analistas do TDABC recalculam e introduzem os novos tempos-padrão das atividades de forma a garantir a acurácia das equações de tempo de maneira contínua (KAPLAN. ANDERSON, 2007a).

No Apêndice K, é apresentado e discutido o exemplo didático/numérico exposto por Kaplan e Anderson (2007a; 2007b) e, no Apêndice L, o estudo de caso da empresa Wilson-Mohr trabalhado por Kaplan e Anderson (2007a) para facilitar o entendimento dos três elementos que fundamentam a operacionalização do TDABC e auxiliar na elucidação das diferenças conceituais entre o TDABC e o ABC convencional.

Depois de apresentados os principais aspectos conceituais e os procedimentos de operacionalização do TDABC, passa-se a apresentar as aplicações do artefato. Conforme apresentado na seção 2.2 desta tese, cerca de 50% dos artigos internacionais sobre TDABC prospectados trataram-se de estudos de casos. Ainda, há também trabalhos brasileiros sobre aplicação do TDABC. Nesse sentido, o

Quadro 10 apresenta, de forma estruturada e cronológica, alguns dos estudos de caso e discussões sobre o TDABC, destacando a setor econômico de estudo e/ou função organizacional de aplicação, além dos principais resultados/conclusões.

Quadro 10 – Estudos de caso e discussões sobre o TDABC

Publicação	Empresa / Setor	Principais Resultados/Conclusões
Aldeoti e Valverde (2014)	Setor de Tecnologia da Informação (TI)	O TDABC mostrou-se útil para o custeio dos serviços de TI.
Basuki e Riediansyaf (2014)	Hotel	O TDABC se mostrou útil para o custeio dos serviços do hotel e as taxas de custo da capacidade puderam ser utilizadas de forma mais acurada e flexível na compilação de custos em comparação ao método de custeio anteriormente utilizado (custeio por absorção).
Campanale, Cinquini e Tenucci (2014)	Hospital público	O TDABC pode melhorar a transparência e auxilia a tomada de decisão em termos de organização do trabalho e alocação de recursos.
Donovan <i>et al.</i> (2014)	Clínica / Hospital	O TDABC aumentou a acurácia da contabilidade de custos da clínica estudada e possibilitou redução de custos de cirurgias.
Huang, <i>et al.</i> (2014)	Indústria de componentes eletrônicos	O TDABC possibilitou a geração de informações oportunas e relevantes sobre recursos de operação e para a gestão de custos.
Siguenza-Guzman, Van Den Abbeele e Catrysse (2014)	Biblioteca	O TDABC mostrou-se útil para a análise de custos do processo de catalogação da biblioteca estudada.
Siguenza-Guzman <i>et al.</i> (2014)	Biblioteca	O TDABC mostrou-se útil aos processos de empréstimo e devolução de obras.
Kaplan (2014)	Organizações de saúde	O TDABC apresenta oportunidades significativas para melhorar a qualidade do atendimento da saúde e os resultados, reduzindo os custos e fornecendo uma base para o pagamento baseado no valor (<i>value-based payment</i>).
French <i>et al.</i> (2013)	Centro de avaliação pré-operatória	O TDABC permitiu a quantificação do valor das melhorias de processo e possibilitou reduções nos custos do processo, nos tempo de atendimento, bem como o aumento da quantidade de pacientes avaliados.
Kee (2012)	Serviços governamentais	O TDABC pode gerar informações para gestores públicos alocarem recursos em programas de governo. O TDABC pode ser utilizado na mensuração de custos de bens e serviços públicos. O TDABC pode mensurar a capacidade ociosa e mensurar o seu custo.
Ratnatunga, Tse e Balachandran (2012)	Indústria de carbono ativo	Caso o TDABC seja organizado da forma mais simples (alto grau de agrupamento e sem considerar ociosidade), o sistema gera os mesmos erros de informação gerencial que os gerados pelo custeio tradicional (ex: absorção).
Somapa, Cools e Dullaert (2012)	Transporte rodoviário de pequeno porte	Pequenas empresas podem se beneficiar do TDABC por causa do uso de parâmetros simplificados. O TDABC ilustra a utilização dos recursos da empresa e, simultaneamente, fornece o nível de custo de oportunidade que ocorre quando os recursos são subutilizados.
Santana, Colaudo e Carrieri (2012)	Empresa do setor elétrico	Fatores institucionais afetam a adoção de métodos de custeio, como o TDABC. O TDABC foi totalmente institucionalizado na empresa estudada. A adoção dos instrumentos gerenciais, tais como o TDABC, pelos setores da organização estudada é influenciada diretamente por suas necessidades e está alinhada às diretrizes estratégicas da organização.
Dalci, Tanis e Kosan (2010)	Hotel	Os resultados mostraram que alguns dos segmentos de clientes considerados como não lucrativos pelo método ABC convencional foram considerados lucrativos pelo método TDABC. As equações de

		tempo do TDABC possibilitaram que a gestão da empresa equilibre melhor as capacidades dos departamentos.
Bruggeman <i>et al.</i> (2010)	Empresa atacadista – setor de logística	O TDABC mostrou-se muito útil para a geração de relatórios de lucratividade e para a gestão do lucro da empresa. Os direcionadores de tempo forneceram <i>insights</i> sobre as causas dos custos excessivos de distribuição e logística.
Stout e Propi (2011)	Indústria de eletrônicos	O TDABC pode fornecer informações mais acuradas que as geradas pelo modelo ABC tradicional. O TDABC não promete precisão, porém permite que as organizações alinhem mais estreitamente os custos de produtos e de clientes aos recursos consumidos. O modelo TDABC é mais fácil de manter do que o modelo ABC tradicional.
Kaplan e Porter (2011)	Organizações de saúde	A acurácia do custeio via TDABC permite que o impacto das melhorias do processo seja rapidamente calculado, validado e comparado.
Hoozée e Bruggeman (2010)	Armazém	Para que melhorias operacionais ocorram com o processo de desenvolvimento do TDABC, a participação coletiva dos trabalhadores e um adequado estilo de liderança são indispensáveis.
Souza <i>et al.</i> (2010)	Indústria de produção sob encomenda	O TDABC apresentou limitações de ser aplicado na empresa de produção sob encomenda estudada devido a existência de dificuldade de identificação e de definição das equações de tempo. Esta dificuldade reside no fato de que as atividades desse tipo de empresa apresentarem grande imprevisibilidade, tanto com relação ao tempo de execução quanto à intensidade do consumo de recursos.

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme visualizado na seção 2.3 (resultados da análise bibliométrica), o número de publicações sobre TDABC realizadas em periódicos cresceu nos últimos anos. Uma explicação para isso pode ser encontrada na afirmação de Balakshinan, Labro e Sivaramakrishnan (2012, p. 39) de que

em indústrias em rápida transformação, o ritmo das mudanças tecnológicas e de produtos pode fazer com que a atualização frequente do sistema de custeio seja importante. Em tais situações, a flexibilidade proporcionada pelo TDABC pode ser apropriada.

Ainda, outra explicação pode ser encontrada na afirmação de Balakshinan, Labro e Sivaramakrishnan (2012, p. 16) de que o TDABC é a "mais recente inovação" em termos de sistema/método de custeio de produtos lançada na literatura. Desta forma, ainda há muito a ser explorado sobre o tema.

De forma similar aos demais métodos de custeio, o TDABC também foi objeto de críticas por parte de acadêmicos. Nesse sentido, por exemplo, vale comentar uma frase expressa por Kaplan e Anderson (2007a, p. 20; 2007b, p. 14): TDABC - “vinho velho (direcionadores de duração) em novas garrafas?” (*old wine (duration drivers) in new bottles?*). Essa frase retrata a inquietação de “algumas pessoas que tentam minimizar o grau de inovação do TDABC, alegando que o ABC convencional sempre teve a capacidade de usar o tempo como direcionador de custo”. No entanto, Kaplan

e Anderson (2007a, p. 20-21; 2007b, p. 14) explicitam as diferenças entre o TDABC e o ABC convencional no tocante ao uso do “tempo” como direcionador de custos das atividades (2º estágio), argumentando que:

Os sistemas ABC convencionais usam direcionadores de duração de maneira fundamentalmente diferente do papel do “tempo” no TDABC. Os sistemas [ABC] convencionais aplicam direcionadores de duração na segunda fase do processo de alocação de custos, depois de os custos dos recursos já terem sido direcionados para diferentes atividades, por meio da abordagem demorada e dispendiosa de entrevistas ou levantamentos. [...] Os direcionadores de duração aumentam a exatidão do modelo ABC convencional, mas também aumentam os custos de mensuração. A distinção importante é que os custos mais elevados decorrentes do uso de direcionadores de duração no ABC convencional, superam e ultrapassam os custos já elevados ainda necessários para direcionar os custos de recursos às atividades, antes do uso de direcionadores de duração. Os direcionadores de duração aumentam a exatidão, mas, nos modelos de ABC convencional, não eliminam o alto custo da primeira alocação de custos às atividades. A inovação do TDABC, ao contrário, consiste em usar o tempo para alocar custos diretamente dos recursos aos objetos de custos, suprimindo inteiramente o estágio monótono e propenso a erros de alocar anteriormente os custos de recursos às atividades.

Com relação aos “erros” referidos por Kaplan e Anderson (2007a) na citação acima exposta, há estudos que mostram a existência de erros de mensuração de custos também no TDABC. Por exemplo, Cardinals e Labro (2008), apoiados no estudo seminal de Datar e Gupta (1994), apontam que o TDABC, de forma similar ao ABC, tem estrutura conceitual sujeita a erros, principalmente, de agregação (ex: por prever o agrupamento de custos de recursos, muitas vezes heterogêneos, em centros de custos ou departamentos) e de mensuração (ex: por ser fortemente pautado por estimativas de tempo de trabalho que podem não ser constantes e que podem ser sobrestimadas quando mensuradas em minutos de forma desagregada).

Uma “resposta” para as conclusões de Cardinals e Labro (2008) é oferecida por Hoozeé e Bruggeman (2010, p. 195):

[...] ao utilizar o TDABC para a melhoria contínua, pode-se até questionar a importância de se conhecer o verdadeiro erro de mensuração, que Cardinaels e Labro (2008) propuseram como problemático para o custeio baseado no tempo. Gerentes não estão primordialmente interessados em saber exatamente os verdadeiros tempos. Em vez disso, eles querem entender e chegar a algum consenso acerca de padrões de tempo factíveis, uma vez que os funcionários operacionais também podem controlar alguma parte dos tempos das atividades. Na verdade, qualquer discussão a respeito da importância da acurácia *versus* viabilidade [*accuracy versus feasibility*] de estimativas de tempo nas equações de tempo, é muito semelhante a discussões sobre as diferenças entre a acurácia da previsão de demanda e a definição de metas de orçamento de vendas. Na previsão, presume-se que processos estocásticos relacionados com a demanda existem e que dificilmente podem ser influenciados; enquanto que, na elaboração de

orçamentos, os gestores se comprometem com metas e acreditam que, ao aumentar o seu esforço, eles podem influenciar as vendas e conduzir qualquer desvio da meta (variância) para zero (HOOZEÉ; BRUGGEMAN, 2010, p. 195)

Mesmo com a “resposta” de Hoozeé e Bruggeman (2010, p. 195), de fato, a questão dos erros envolvidos com os custos deve ser algo levado em consideração, por exemplo, quando da escolha do método/sistema a se aplicar na organização, incluindo o TDABC. Desta forma, há de considerar o uso do TDABC com ressalvas e livre de tentações a modismos, pois ainda não existe, na literatura, um método de custeio “panacéia”, apesar das várias virtudes conferidas ao TDABC. Nesse sentido, Martins e Rocha (2010, p. 166-167) esclarecem que:

é incorreto afirmar que um método de custeio é, por definição, sempre melhor que os outros, pois todos eles têm aspectos positivos e negativos no que se refere ao grau de precisão da mensuração e ao universo de custos contemplado. Se um deles fosse, de fato, o melhor e mais completo, os outros já teriam desaparecido da prática e da literatura. O correto é saber qual método utilizar em determinadas circunstâncias, para determinadas decisões [...]

Para finalizar a corrente discussão crítica acerca do TDABC, passa-se a abordar a afirmação provocativa de Gervais, Levant e Ducrocq (2010, p. 14).

o TDABC pode ser nada mais do que um método de custeio tradicional com base em coeficientes de equivalência e padronizados aos quais seus inventores [Robert Kaplan e Steven Anderson] tentaram adicionar capacidade ociosa no cálculo de custos, que nem sempre podem ser utilizados na prática.

De fato, não existe referência teórica que “proíba”, por exemplo, que sejam realizadas algumas adaptações ao custeio por absorção de forma a o aproximar conceitualmente do TDABC. Por exemplo, no custeio por absorção, poder-se-ia: (i) agrupar custos indiretos em centros de custos ou em departamentos, aos moldes do TDABC; (ii) definir como “base de rateio” (denominador do cálculo da taxa de rateio) a capacidade do departamento que, por sua vez, poderia ser a “capacidade prática” para se aderir às premissas do TDABC; (iii) considerar como taxa de rateio (= custos indiretos divididos pelo total da base de rateio) o \$/tempo, taxa essa a ser relacionada aos produtos (alocação de custos) através da utilização dos tempos de cada produto ao longo dos processos (que podem pertencer a vários departamentos com “taxas de rateio” diferentes). Para tal, ter-se-ia que representar a empresa em termos de processos e atividades (ou seja, como de fato “as coisas ocorrem” no processo produtivo), e não em termos de funções hierárquicas.

Finalmente, poder-se-ia (iv) não considerar os custos indiretos em nível de facilidades/instalações no cálculo do custo dos produtos, aos moldes da proposta conceitual de Martins e Rocha (2010), ou seja, o custeio por absorção modificado. Desta forma, poder-se-ia aproximar o custeio por absorção do TDABC, seguindo a provocação de Gervais, Levant e Ducrocq (2010, p. 10).

Ressalta-se que as sugestões acima realizadas foram a título de reflexões que não se propõem a ser conclusivas. O intuito é provocar debates futuros (não objetos centrais da corrente tese) para se ponderar se, em termos teóricos, realmente o TDABC é uma novidade como um método/sistema de custeio. Entretanto, do ponto de vista das práticas empresariais que são apresentadas nas publicações acadêmicas sobre métodos de custeio, realmente há um “descolamento” metodológico entre o custeio por absorção e o TDABC, conforme pode ser observado nos estudos comparativos de Balakshinan, Labro e Sivaramakrishnan (2012a, 2012b), por exemplo.

3.6 RESUMO DE CARACTERÍSTICAS E PREMISSAS DOS MÉTODOS DE CUSTEIO ABORDADOS

De forma sintetizada, o Quadro 11 apresenta as principais características dos métodos de custeio abordados.

Quadro 11 - Resumo das principais características e premissas dos métodos de custeio e da contabilidade de ganhos

ARTEFATO* OU MÉTODO DE CUSTEIO	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
*Contabilidade de Ganhos da Teoria das Restrições	<ul style="list-style-type: none"> – Apesar de teoricamente não considerar o conceito de custos dos produtos, calcula o ganho unitário (<i>throughput</i>) de cada produto, definindo-o como a diferença entre o preço de venda e o custo de material direto; – Todos os custos que não são de material direto (ex: custos de mão de obra, custos indiretos, despesas comerciais e despesas administrativas) não são inseridos no cálculo do ganho unitário, sendo considerados como despesas operacionais do período.
Custeio por Absorção (tradicional)	<ul style="list-style-type: none"> – Os custos do produto incluem material direto, mão de obra direta e custos indiretos, sendo as despesas (fixas e variáveis) consideradas como do período; – Os custos indiretos são, normalmente, alocados aos produtos por meio de bases de rateio (ex: horas de mão de obra direta, volume de produção e horas-máquina de processamento).
Custeio Pleno	<ul style="list-style-type: none"> – Os custos do produto incluem material direto, mão de obra direta, custos

(tradicional)	indiretos, despesas administrativas e despesas comerciais; – Os custos indiretos e as despesas (fixas e variáveis) são alocados aos produtos por meio de bases de rateio (ex: horas de mão de obra direta, horas-máquina de processamento e volume de produção/vendas).
Custeio Direto/Variável	– Os custos do produto incluem material direto, mão de obra direta e porção de outros custos e despesas que variam com o volume de produção/vendas; – Os custos indiretos (fixos) e as despesas (fixas) não são alocados ao produto para fins de custeio, sendo considerados como gastos do período, indo diretamente para o resultado do exercício.
ABC	– Os custos dos produtos incluem material direto, mão de obra direta e custos indiretos/ <i>overhead</i> (dado através de atividades que consomem recursos e que, por sua vez, são utilizadas pelos produtos). Existem trabalhos que incorporam tanto a porção fixa, como também a variável do <i>overhead</i> nos custos do produto (ex: KEE, 1995). No entanto, também existem trabalhos que consideram apenas a porção variável do <i>overhead</i> nos custos do produto (ex: KEE, 2001) para fins de tomada de decisão; – As atividades (portadoras de <i>overhead</i>) são divididas em quatro níveis: (i) <u>em nível de unidade</u> : ocorrem a cada vez que uma unidade é produzida e podem ser relacionadas com mão de obra (ex: supervisão de produção) e com equipamentos (ex: manutenção e energia); (ii) <u>em nível de lote</u> : ocorrem a cada vez que um lote de produtos é produzido (ex: <i>setup</i> /preparação de máquina, manipulação e recepção de material); (iii) <u>em nível de produto</u> : ocorrem como suporte no projeto de produção de cada tipo de produto ou linha de produtos (ex: projeto de engenharia); (iv) <u>em nível de instalações/facilidades</u> : ocorrem com as facilidades que dão suporte ao processo geral de fabricação (ex: aluguel, imposto territorial, segurança e iluminação da fábrica). – As despesas comerciais e administrativas são consideradas como despesas do período. No entanto, alguns autores expõem que o ABC pode considerar as despesas comerciais e administrativas no cálculo dos custos do produto (ex: JONES; DUDGALE, 2002). – É passível de erros de agregação e de mensuração de custos, além de erros de especificação de direcionadores de custos.
TDABC	– Custos dos recursos são alocados diretamente aos objetos de custos; – Utiliza os parâmetros “taxa do custo da capacidade para o departamento” e o “uso (tempo) da capacidade por cada transação processada no departamento” para custear produtos, serviços, atividades e processos de um departamento operacional; – As atividades podem ser classificadas de acordo com o nível hierárquico (BALAKRISHNAN; LABRO; SIVARAMAKRISHNAN, 2012b); – O principal direcionador dos custos dos recursos é o tempo; – Utiliza equações de tempo para lidar com variações de produtos, serviços e processos de um departamento operacional; – É passível de erros, principalmente, de agregação e de mensuração de custos.

Fonte: Elaborado pelo autor

4 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA: DECISÃO DE *MIX* DE PRODUTOS

Este capítulo destina-se a apresentar e a analisar criticamente a evolução histórica das publicações sobre conceitos, heurísticas e modelos matemáticos que alicerçam a decisão *mix* de produtos em ambientes de manufatura. Para tal, inicialmente são apresentadas e discutidas as principais contribuições dos artigos internacionais prospectados na análise bibliométrica e de outras fontes bibliográficas (ex: livros) que abrangem a decisão de *mix* de produtos. Convém observar que a análise crítica da literatura sobre decisão de *mix* de produtos serviu como base de composição da lacuna teórica que o modelo de decisão proposto nesta tese se propõe a preencher. Em seguida, a aplicação de diferentes métodos de custeio na decisão de *mix* de produtos é trabalhada a partir de um exemplo didático tendo em vista a sedimentação e a plena compreensão dos construtos teóricos apresentados no capítulo.

4.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA E ANÁLISE CRÍTICA DA LITERATURA SOBRE DECISÃO DE *MIX* DE PRODUTOS

Analisando o histórico de estudos sobre decisão de *mix* de produtos, pode-se concluir que considerações sobre métodos de custeio neste tipo de decisão datam, pelo menos, da década de 1970. Como exemplo, pode ser citado o artigo de Grinnell (1976) publicado no periódico acadêmico *Management Accounting* que discute a aplicação dos métodos de custeio por absorção e direto na determinação do *mix* ótimo de produtos utilizando programação matemática. No entanto, convém observar que a decisão de *mix* de produtos é um assunto já discutido na literatura do campo da Pesquisa Operacional mesmo antes da década de 1970. A justificativa para tal afirmação reside no fato de os artigos de Hodges e Moore (1970), Byrd e Moore (1978) e Reeves e Sweigart (1981) já anunciarem a existência de um “modelo convencional” de decisão de *mix* de produtos, modelo esse baseado em programação linear com parâmetros determinísticos e considerando múltiplas restrições. O modelo pode ser representado da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
&\text{Maximizar } L = \sum_i^n P_i x_i \\
&\text{Sujeito a } \sum_i^n t_{ij} x_i \leq C_j \quad j = 1, 2, \dots, m \\
&\quad \sum_i^n r_{ik} x_i \leq M_k \quad k = 1, 2, \dots, N \\
&\quad \sum_i^n s_{iw} x_i \leq MO_w \quad w = 1, 2, \dots, M \\
&\quad I_i \leq x_i \leq S_i \quad i = 1, 2, \dots, n
\end{aligned}$$

Onde:

i	índice do produto
j	índice do equipamento
k	índice do material
w	índice da mão de obra
L	lucro da empresa no período (ex: ano)
x_i	número de unidades dos produtos do tipo i a ser manufaturado
P_i	lucro unitário (do inglês <i>profit per unit</i>) do produto do tipo i
t_{ij}	tempo requerido do equipamento do tipo j por unidade produzida do produto do tipo i
C_j	disponibilidade/capacidade do equipamento do tipo j
r_{ik}	material requerido do tipo k por unidade produzida do produto do tipo i
M_k	disponibilidade do material do tipo k
s_{iw}	tempo requerido da mão de obra do tipo w por unidade produzida do produto do tipo i
MO_w	disponibilidade/capacidade da mão de obra do tipo w
I_i	limite inferior da demanda do produto do tipo i
S_i	limite superior da demanda do produto do tipo i

A primeira restrição do modelo de decisão refere-se à capacidade do equipamentos. A segunda restrição está relacionada com a disponibilidade de matérias-primas. A terceira restrição aborda a capacidade disponível de mão de obra. A quarta e última restrição do modelo remete à demanda que o mercado está disposto a absorver de cada tipo de produto. Convém observar que a função objetivo a ser maximizada possui a variável “lucro unitário” (medida/métrica de lucratividade) que é expressa

pela diferença entre o preço de venda e os custos de cada tipo de produto. No entanto, o texto de Byrd e Moore (1978) não explicita a forma como se calcula os custos dos produtos para fins de determinação do lucro unitário. O trabalho de Reeves e Sweigart (1981) e de Hodges e Moore (1970) utilizam a margem de contribuição provinda do método de custeio direto/variável como medida de lucratividade de produtos. Já o trabalho de Grinnell (1976) utiliza tanto o custeio por absorção, como também o custeio direto/variável para determinar a métrica de lucratividade a ser maximizada na função objetivo do modelo de programação matemática.

No trabalho de Hodges e Moore (1970), a demanda no modelo matemático para determinar o *mix* ótimo de produtos é considerada como uma variável probabilística. Como resultado, é gerado um modelo chamado de “programação linear sob incerteza” que é aplicado em um exemplo didático. Reeves e Sweigart (1981) propõem um modelo matemático para determinação do *mix* ótimo de produtos com a incorporação de efeitos de aprendizado no processo produtivo. Como efeito de aprendizado, entende-se a diminuição da quantidade de recursos utilizados para produzir um mesmo produto devido à aprendizagem obtida com a repetição da produção. Como resultado, Reeves e Sweigart (1981) expõem um modelo de programação matemática não-linear que considera a margem de contribuição como medida de lucratividade na função objetivo.

Em um artigo publicado no formato de memorando no *International Journal of Management Science*, Reeves (1976) propõe um modelo de programação linear que considera na função objetivo o custo total de estoques de um período, determinado a partir da fórmula do lote econômico de compra (para saber mais detalhes sobre o cálculo do lote econômico de compra, ver Corrêa, Gianesi e Caon (2001)).

Knolmayer (1982) e Knolmayer (1983) utilizam o contexto da decisão de *mix* de produtos para fazer considerações sobre métodos de programação linear. Nos textos, são discutidas formas de se melhorar a resolução dos problemas de programação linear em termos de procedimentos matemáticos. Beged-Dov (1983) utiliza dados de uma empresa americana produtora de materiais de construção para expor a aplicação de um programa computacional que utiliza informações de custos, capacidade, preços e demanda para determinar o *mix* de produtos em um determinado período. Vale destacar que Beged-Dov (1983) utiliza o método de

custeio por absorção para determinar os custos dos produtos, pois o *overhead* do processo produtivo é alocado aos produtos com base no custo de mão de obra de cada produto.

Tomando como embasamento teórico publicações do campo da economia (ex: GABSZEWICZ *et al.*, 1986), Chander e Leruth (1991) propõem um modelo matemático para decisão de *mix* de produtos para empresas ou instituições monopolistas, como no caso de instituições de serviços de utilidade pública (ex: metrô de Paris). No modelo, assume-se que os custos fixos não são considerados na decisão. No entanto, Chander e Leruth (1991) não explicitam quais são os elementos que constituem os custos fixos.

Bahl, Taj e Corcoran (1991) formulam um modelo matemático baseado em programação linear para determinar o *mix* ótimo de produtos em um ambiente de manufatura em que há a possibilidade de se contratar hora extra de trabalho (com custos superiores aos custos de processamento “normal”). Na função objetivo do modelo, os autores Bahl, Taj e Corcoran (1991) consideram como medida de lucratividade a diferença entre o preço de venda e os custos variáveis. No entanto, os autores não explicitam os elementos que constituem os custos variáveis e, por consequência, a medida de lucratividade utilizada no modelo.

Paralelamente aos modelos de programação matemática desenvolvidos para lidar com problemas de decisão de *mix* de produtos, outras abordagens foram desenvolvidas tendo como base a proposição de heurísticas de decisão. Entre elas, está a lógica de determinação de *mix* de produtos que considera como prioritária a produção e venda dos produtos com as maiores margens. Esta lógica é denominada por Linhares (2009) como heurística da margem (*margin heuristic*) e incluem as abordagens baseadas no custeio por absorção (margem = lucro unitário), no custeio variável (margem = margem de contribuição) e no ABC (margem = lucro unitário).

Outra lógica de priorização, desenvolvida por Goldratt e Cox (1984), tem como base a Teoria das Restrições, versada na próxima seção.

4.1.1 *Insights* Iniciais sobre a Teoria das Restrições e a Contabilidade de Ganhos no Contexto da Decisão de *Mix* de Produtos

O desenvolvimento da Teoria das Restrições foi iniciado pelo físico israelense Eliyahu M. Goldratt, assessorado por Jeff Cox, com suas pesquisas voltadas a problemas da logística de produção. Através do livro “A Meta” (*The Goal* - lançado em 1984), Goldratt e Cox transmitem os conceitos da TOC na forma de um romance, o que facilitou a compreensão e divulgação da teoria desenvolvida (GOLDRATT; COX, 1984). A partir daí, várias empresas começaram a aplicar a TOC em seus processos de tomada de decisão (CORBETT NETO, 1997). A TOC parte do pressuposto de que o somatório dos ótimos locais não garante o ótimo global, pois maximizar a utilização de todos os recursos não garante a maximização do ganho da empresa em termos de retorno financeiro (GOLDRATT; COX, 1984; GOLDRATT; FOX, 1986; STEIN, 1997).

O principal diferencial da TOC está no fato de as ações de gestão serem concentradas no gerenciamento do recurso de menor capacidade, também chamado de recurso limitante, recurso com restrição de capacidade (RRC) ou recurso gargalo do sistema produtivo (CORBETT NETO, 1997). Conforme Noreen, Smith e Mackey (1996, p. 29), “uma restrição num sistema é qualquer coisa que impeça o mesmo de alcançar o seu objetivo. Qualquer sistema real deve ter pelo menos uma restrição, e qualquer organização com fins lucrativos deve ter pelo menos uma restrição que a impeça de obter mais lucros”.

Em uma linha de produção, é denominado de recurso “gargalo” aquele cuja capacidade de produção é menor ou igual à demanda por seus serviços. Por outro lado, os recursos “não-gargalos” são definidos como sendo aqueles cuja capacidade é maior que a demanda pelos seus serviços (COX III; SPENCER, 1998).

De acordo com Goldratt e Cox (1984) e Goldratt (1990a), a empresa tem como “meta” ganhar dinheiro. Nessa disposição, Goldratt e Cox (1984) e Goldratt (1990a) argumentam que a TOC define que apenas o “lucro líquido” (LL), o “retorno sobre o investimento” (RSI) e o “fluxo de caixa” são os parâmetros norteadores do grau de alcance da meta. O LL é uma medida absoluta representando quanto dinheiro a empresa está gerando. O RSI mensura relativamente o LL pela quantidade de investimento absorvido pela empresa. Segundo Goldratt e Fox (1986, p. 20), “o fluxo de caixa é uma medida de liga-desliga. Quando temos caixa suficiente, ela não é importante. Quando não temos caixa suficiente, nada mais importa.”

Goldratt e Cox (1984) e Goldratt (1990a) salientam que as três medidas da TOC estão voltadas para a mensuração do desempenho global da empresa necessitando, para tal, o estabelecimento de parâmetros que guiem as ações operacionais no sentido do cumprimento da meta. Assim, Goldratt e Cox (1984) e Goldratt (1990a) definem os seguintes parâmetros operacionais:

- Ganho (G): é definido como índice pelo qual o sistema gera dinheiro através das vendas;
- Inventário (I): é todo dinheiro que o sistema investe na compra de materiais/itens que ele pretende vender;
- Despesa operacional (DO): é definida como todo dinheiro que o sistema gasta para transformar o inventário em ganho.

Para o cálculo do lucro líquido, na perspectiva da TOC, subtrai-se a despesa operacional do “ganho total”. A DO refere-se aos gastos fixos da empresa, ou seja, os que não são influenciados com variação do volume de produção, seja na parte industrial, seja na parte administrativa. Já o ganho total é o resultado da multiplicação da quantidade produzida e vendida pelo “ganho unitário” (*throughput*), definido por Corbett Neto (1997, p.58) como:

A subtração do Custo Totalmente Variável (CTV) do preço do produto. Em outras palavras, é quanto cada unidade do produto está contribuindo para o ganho da empresa. O CTV é aquele custo que varia diretamente com o volume de produção: se a empresa produzir e vender uma peça a mais do produto ela incorrerá nesse valor. O exemplo mais óbvio é o custo da matéria-prima, custo este que a TOC trata como sendo o único variável.

De acordo com os preceitos da TOC, a definição do *mix* de produção e vendas baseia-se no critério definido por Corbett Neto (1997, p.58) como:

A divisão do ganho unitário pela quantidade que o produto consome do RRC em cada unidade produzida. Indica quanto entra de dinheiro na empresa a cada unidade do RRC que se ocupa daquele produto. Esta é a medida que a TOC usa para ver que produtos são mais lucrativos para a empresa.

O que caracteriza a Contabilidade de Ganhos da TOC é justamente a consideração de apenas os custos de matéria-prima (material direto) na determinação da medida de lucratividade do produto (SPENCER, 1994; FREDENDALL; LEA, 1997; KEE, 2001), ou seja, do ganho unitário dividido pelo consumo unitário de recurso limitante.

No entanto, tal como argumentam Demmy e Talbott (1998), para muitas companhias a suposição de que materiais são os únicos custos variáveis é simplesmente não verdadeira. Desta forma, outros custos também podem ter comportamento variável e podem ser utilizados na composição do CTV (DEMMY; TALBOTT, 1998), tais como: mão de obra direta, embalagens, comissões para vendedores, custos de transportes, entre outros (COGAN, 2007).

Goldratt (1990a) parte da premissa de que a empresa opera com algum tipo de restrição e está inserida em um processo geral de tomada de decisão empresarial denominado como “cinco passos de focalização” que tem como pano de fundo teórico a TOC. Os cinco passos de focalização da TOC podem ser expressos da seguinte forma (GOLDRATT, 1990a)

- 1º Passo: identificar a restrição do sistema, ou seja, onde se localiza o recurso de menor capacidade que define a capacidade máxima de todo o sistema.
- 2º Passo: decidir como explorar a restrição do sistema, pois, para maximizar o desempenho de todo o sistema, é necessário tirar o máximo proveito possível do recurso que o restringe;
- 3º Passo: subordinar todo o sistema ao que foi decidido no 2º passo;
- 4º Passo: elevar a restrição do sistema;
- 5º Passo: voltar ao primeiro passo se a restrição for eliminada em algum passo anterior e não permitir que a inércia atue no processo.

Goldratt (1990a), corroborados por Luebbe e Finch (1992) e Lee and Plenert (1993), ressaltam que, dos cinco passos propostos, apenas os dois primeiros relacionam-se à definição de *mix* de produtos e à geração do planejamento mestre da produção (MPS - *Master Production Schedule*). Já os três últimos passos são consagrados a questões de planejamento da capacidade produtiva numa ótica de longo prazo e de melhoria no processo produtivo, conforme apontam Souren, Ahn e Schmitz (2005). Desta forma, apenas os dois primeiros passos são abordados e aprofundados na corrente tese, sendo considerados como componentes da “heurística da TOC” para decisão de *mix* de produtos. A Figura 31 apresenta um detalhamento da “heurística da TOC”.

Figura 31 - Heurística da TOC para decisão de *mix* de produtos

Fonte: Adaptado de Goldratt (1990a), Luebbe e Finch (1992) e Lee e Plenert (1993)

No passo 1, são identificadas as restrições que limitam a empresa de gerar mais ganhos. Tais restrições possuem relação com o mercado (demanda menor que a capacidade disponibilizada), com fornecedores (material fornecido insuficiente para cumprir plano de produção) ou com recursos internos da empresa (capacidade insuficiente para atender demanda). No passo 2, o tomador de decisão (ex: responsável pelo setor de planejamento da produção da empresa) decide como programar a sequência de produção de forma a explorar a restrição ou gargalo do sistema. Como exemplo, tem-se a situação em que a restrição do sistema é interna ao processo produtivo, exigindo que o programador desenvolva um plano mestre de produção de forma tal que se priorize a manufatura de produtos que tenham os maiores ganhos unitários (*throughputs*) por tempo de utilização do recurso gargalo (SINGH *et al.*, 2006).

Convém lembrar que, sob a abordagem da TOC, apenas o material direto é tratado como um custo variável unitário e inserido no cálculo do ganho unitário, sendo os custos de mão de obra e os indiretos tratados, *a priori*, como “comprometidos” com processo produtivo da empresa, sendo contabilizados como

despesas do período (GOLDRATT; 1990a; GOLDRATT; FOX, 1992; NOREEN; SMITH; MACKEY, 1996) e considerados como irrelevantes para a priorização de produção e custeamento de produtos (COOPER; SLAGMULDER; 1999; KEE; SCHMIDT; 2000; TSAI *et al.*, 2008).

Goldratt (1990a) utiliza um exemplo didático com os “produtos P e Q” (considerado como “clássico” por Lee e Plenert (1996)) para ilustrar a aplicação dos dois primeiros passos da TOC. Esse exemplo clássico foi bastante replicado na literatura. Por exemplo, apesar de não citarem Goldratt (1990a), Hopp e Spearman (2001, p. 548-552) abordam o problema dos produtos P e Q para mostrar diferenças entre os resultados obtidos com a heurística da TOC e os obtidos através da programação linear, chegando à conclusão que a heurística da TOC pode resultar em resultados subótimos. Hodiernamente, o problema dos produtos P e Q ainda é utilizado em pesquisas acadêmicas sobre decisão de *mix* de produtos (ex: LINHARES, 2009; SOBREIRO; 2012; SOBREIRO; NAGANO; 2012; SOUZA *et al.*, 2013), principalmente no que tange ao desenvolvimento de novas heurísticas e procedimentos matemáticos (segunda vertente de pesquisa sobre decisão de *mix* de produtos).’

4.1.2 Críticas à Teoria das Restrições e Proposição de Novos de Modelos de Decisão de *Mix* de Produtos

A TOC e a Contabilidade de Ganhos encontraram muitos críticos. Como exemplos, podem ser citados Patterson (1992) e Plenert (1993) que analisam o método da TOC e o criticam argumentando que este não soluciona problemas com múltiplas restrições e que a programação linear é uma ferramenta mais poderosa. Ressalta-se que Patterson (1992) e Plenert (1993) não questionam a TOC como um todo, pois as análises pautam-se, exclusivamente, na maneira pela qual a TOC trata a otimização do uso da capacidade produtiva de uma empresa, ou seja, a definição do *mix* de produtos.

Após o desenvolvimento da heurística da TOC, diversos trabalhos acadêmicos são realizados para a analisar. Em um ensaio teórico, Bakke e Hellberg (1991) analisam a relevância de decisões baseadas, isoladamente, na TOC (no artigo, ainda sob a nomenclatura de OPT - Optimized Product Technology - filosofia de planejamento de

produção que deu origem à TOC) e no ABC em relação ao horizonte temporal de planejamento.

De forma conclusiva, Bakke e Hellberg (1991) pontuam que as decisões de *mix* de produtos com base na TOC (priorização de produtos com maior ganho unitário dividido pelo consumo de recurso gargalo) são mais apropriadas para um horizonte temporal de curto prazo pelo fato da TOC considerar custos de mão de obra e custos indiretos como despesas operacionais (fixas) do período, enquanto que as decisões de *mix* de produtos baseadas no ABC (priorização de produtos com maior lucro unitário) são mais relevantes no longo prazo pelo fato do ABC considerar que parte dos custos de mão de obra direta e de overhead pode ser variável. Reflexões posteriores corroboram com as ideias de Bakke e Hellberg (1991) sobre a aplicabilidade da abordagem de custos da TOC no curto prazo e da abordagem de custos do ABC tradicional no longo prazo são realizadas por Fritzsche (1997) e por Kee e Schimdt (2000).

Com base nessas conclusões, Bakke e Hellberg (1991) sugerem que tanto a abordagem da TOC, como a do ABC para decisão de *mix* de produtos precisariam ser mais bem elaboradas. Além disso, Bakke e Hellberg (1991) recomendam que combinações de diferentes modelos, tais como a TOC e o ABC, deveriam ser desenvolvidas de forma a produzir melhores informações para a tomada de decisão. A mesma recomendação é feita por Spoede, Henkee e Umble (1994). A partir daí, pesquisas são realizadas com vistas ao desenvolvimento de modelos e algoritmos integrando a TOC e o ABC. Como exemplos, podem ser citados os trabalhos de Kee (1995), de Yahya-Zadeh (1998), de Kee e Schmidt (2000) e de Kee (2001) que são discutidos na parte final desta seção.

A partir da utilização de um exemplo numérico ilustrativo e fazendo uma analogia com a programação linear, Luebbe e Finch (1992) concluem que tanto a programação linear e a heurística baseada na TOC podem levar a uma solução ótima de *mix* de produtos. Em outras palavras, mesmo deixando claro que a TOC é uma filosofia de produção (comparável à filosofia de produção japonesa *Just in Time*) e que a programação linear é uma “mera” técnica de otimização, Luebbe e Finch (1992) não explicitam as diferenças entre a heurística da TOC e a programação linear no tocante à decisão de *mix* de produtos. Um benefício da programação linear quando comparada à heurística da TOC, segundo Luebbe e

Finch (1992), diz respeito à possibilidade que a primeira oferece de se realizar análises de sensibilidade (*analysis via shadow prices*).

South e Oliver (1992) utilizam um exemplo numérico para analisar comparativamente *mix* de produtos (horizonte de planejamento de uma semana) gerados a partir de duas métricas econômicas: (i) margem bruta de lucro ou lucro unitário (do inglês *product profit margin*), obtida pela diferença entre o preço de venda e os custos de material direto, de mão de obra direta e de *overhead* alocado ao produto (baseada no método de custeio por absorção); e (ii) valor adicionado, calculado pela diferença entre o preço de venda e o custo de material direto (mesmo conceito de ganho unitário da TOC).

Como resultados, South e Oliver (1992) expõem que utilizar a métrica (i) acarreta em um *mix* de produtos inferior ao obtido pela adoção da métrica (ii) em termos de lucro do período. Convém ressaltar que, apesar de considerarem a restrição de capacidade do sistema produtivo, South e Oliver (1992) não fazem o uso da heurística da TOC para priorização de produção, ou seja, *throughput* dividido pelo consumo do recurso gargalo.

Nos primeiros anos de desenvolvimento da heurística baseada na TOC, acreditou-se que esta poderia proporcionar a melhor decisão de *mix* de produtos em todas as situações, quando comparado, por exemplo, à heurística baseada no custeio por absorção em que os custos indiretos são alocados aos produtos por meio de rateios (BLACKSTONE, 2001; LINHARES, 2009). Convém observar que, doravante, para fazer referência à heurística que utiliza como métrica para decisão de *mix* de produtos o lucro unitário calculado a partir da lógica do custeio por absorção sem a consideração do consumo de recurso gargalo, será utilizada a denominação “modelo do custeio por absorção”. Já para a heurística que considera o consumo de recurso gargalo na definição da métrica de decisão, será utilizada a denominação “modelo do custeio por absorção com capacidade”.

Balakrishnan e Sivaramakrishnan (1996) analisam a utilização do custeio pleno em decisões de planejamento de produção, entre elas a de *mix* de produtos. No estudo, são considerados dois exemplos didáticos em que as restrições do processo produtivo são *hard* (com impossibilidade de expansão da capacidade produtiva no curto prazo). No cenário de restrições do tipo *hard*, cenário este utilizado na maioria

dos estudos considerados na corrente tese, Balakrishnan e Sivaramakrishnan (1996) concluem que o custeio pleno não é economicamente útil para calcular a lucratividade de produtos e, conseqüentemente, o *mix* de produtos devido às alocações arbitrárias de custos indiretos e de despesas.

Tomando como base o clássico exemplo didático dos “produtos P e Q” apresentados no livro *The Hairstick Syndrome* de Goldratt (1990a), Lee e Plenert (1996, p. 553) adicionam um produto (T) no exemplo e concluem que a heurística da TOC e a programação linear são “muito mais eficientes para a determinação dos cálculos de *mix* de produtos do que os métodos tradicionais de custeio que apenas se atêm a custos ou margens”, ou seja, leva em consideração apenas a lucratividade de produtos sem considerar o consumo de recurso gargalo na definição da métrica de decisão de *mix* de produtos.

No entanto, os artigos desenvolvidos três anos antes por Plenert (1993) e por Lee e Plenert (1993) mostram que a heurística derivada da TOC é limitada na determinação do *mix* de produtos ótimo quando o processo produtivo envolve a produção de quantidades inteiras de produtos para um determinado período e é caracterizada pela existência de múltiplas restrições. Como resposta a essa limitação da heurística da TOC, Plenert (1993) e Lee e Plenert (1993) recomendam que o *mix* ótimo de produtos seja definido através do uso de programação linear inteira. Convém observar que os três artigos publicados por Gerhard Plenert, mesmo os em parceria com Terry Lee, são semelhantes e possuem a mesma essência conceitual, sendo diferenciáveis entre si devido a alterações realizadas na forma, nos exemplos (produto adicionado) utilizados para realizar as análises e dos modelos de decisão de *mix* de produtos postos em análise.

Utilizando dados de uma empresa de pequeno porte real, Patterson (1992) chega às mesmas conclusões de Lee e Plenert (1993). Posnack (1994) contestam as conclusões de Lee e Plenert (1993) argumentando que a heurística baseada na TOC não é utilizada de forma correta no exemplo didático, pois esta não se restringe apenas a problemas envolvendo a produção de produtos inteiros. Desta forma, Posnack (1994), corroborado por Maday (1994), argumenta que a solução obtida pela heurística da TOC pode atingir a otimalidade quando a produção pode ser completada no período seguinte, ou seja, em situações em que as quantidades dos produtos geradas pelo *mix* calculado não são inteiras.

A partir de modificações feitas no exemplo empregado por Luebbe e Finch (1992), Balakrishnan e Cheng (2000) confirmam as conclusões de Lee e Plenert (1993) de que a abordagem baseada na programação linear é superior à heurística baseada na TOC para se determinar o *mix* ótimo de produtos em situações que envolvem a existência de múltiplas restrições. Em um artigo-resposta, Finch e Luebbe (2000) reconhecem que, na situação (exemplo) apresentada por Balakrishnan e Cheng (2000), a solução oferecida pela heurística da TOC não é ótima quando comparada à proporcionada pela programação linear e que, conseqüentemente, a otimalidade da TOC não é mandatória em todas as situações.

Uma explicação para a obtenção do resultado ótimo via heurística da TOC no exemplo de Luebbe e Finch (1992) relaciona-se ao fato de que o *ranking* de priorização de produção (ganho unitário dividido pelo consumo de recurso gargalo) foi igual para cada uma das restrições, como bem apontam Sourerm, Ahn e Schmitz (2005).

Em um artigo publicado no *Production and Inventory Management Journal*, Balakrishnan (1999) também analisa comparativamente os resultados obtidos pelos *mix* de produtos calculados através da heurística da TOC e da programação linear. Para tal, um exemplo numérico em que múltiplas restrições são consideradas é utilizado e trabalhado através do aplicativo Solver[®] incorporado ao *software* Microsoft Office Excel[®] e de análise gráfica. Como conclusão, Balakrishnan (1999) expõe que o resultado do *mix* obtido via heurística da TOC é inferior ao calculado através de programação linear em situações que envolvem múltiplas restrições.

A explicação desse fenômeno reside no fato de que a heurística da TOC explora (maximiza o uso) apenas a restrição dominante do sistema, enquanto que a programação linear explora todas as restrições do sistema. Desta forma, as conclusões de Balakrishnan (1999), Balakrishnan e Cheng (2000) e de Finch e Luebbe (2000) corroboram com a tese defendida por Plenert (1993) de que, em problemas de decisão de *mix* de produtos envolvendo múltiplas restrições, a heurística baseada na TOC oferece soluções inferiores às extraídas a partir de programação matemática linear em termos de resultado econômico (lucro), ou seja, as soluções obtidas com heurística da TOC são sub-ótimas.

Mabin (2001) realiza uma análise crítica do artigo publicado por Balakrishnan (1999) e afirma que este autor faz considerações erradas sobre a TOC ao minimizá-la à heurística de decisão de *mix* de produtos. No entanto, Mabin e Davies (2003) reconhecem que a heurística da TOC para decisão de *mix* de produtos, apesar de se mostrar claramente superior às abordagens tradicionais (ex: custeio por absorção), é marginalmente inferior à programação linear.

Um exemplo ilustrativo dessa “inferioridade” da TOC em relação à programação linear, no contexto da decisão de *mix* de produtos, também pode ser visualizado em Hopp e Spearman (2000), que parte do exemplo seminal de Goldratt (1990a) para concluir que a programação linear é a melhor abordagem em termos de resultados obtidos (ex: lucro do período). Buscando ratificar a TOC, Mabin (2001) sugere que a heurística de decisão de *mix* de produtos desta pode ser utilizada conjuntamente com a programação linear, pois é apenas uma parte da TOC.

Seguindo essa linha de raciocínio, Coman e Ronen (2000) utilizam conjuntamente a TOC e a programação linear para propor um modelo de decisão que integra *mix* de produtos (produção interna) com terceirização (produção externa) de forma a maximizar o *throughput* total da empresa em um cenário em que existem empresas que podem realizar contratos de produção terceirizada (do inglês *contractors*). Vale ressaltar que o cenário de estudo de Coman e Ronen (2000) em que a empresa produtora se compromete a satisfazer 100% da demanda de produtos com a contratação de empresas terceirizadas de produção, difere do cenário normalmente abordado pelos pesquisadores de decisão de *mix* de produtos abordados na corrente tese, ou seja, a produção é limitada à capacidade produtiva sem se considerar terceirização de atividades.

A partir de análises comparativas realizadas em sete exemplos numéricos, Souren, Ahn e Schmitz (2005) expõem e discutem as premissas que são mandatórias para que os *mix* de produtos gerados com base na TOC apresentem soluções ótimas. As premissas são apresentadas na Figura 32.

Figura 32 - Premissas para geração de solução ótima de *mix* de produtos com base na TOC

Fonte: Adaptado de Souren, Ahn e Schmitz (2005)

Com base na Figura 32, pode-se visualizar que, via de regra, (i) em sistemas produtivos com mais de uma restrição, a solução de *mix* de produtos gerado pela TOC não é ótima. O mesmo ocorre (ii) caso a solução seja dada em números inteiros, salvo algumas exceções (para obter mais detalhes das exceções, ver Souren, Ahn e Schmitz (2005, p. 365-367)). Além disso, (iii) levar em consideração somente custos de materiais como diretos para se calcular o ganho unitário (*throughput*) dos produtos pode levar a decisões não ótimas ou equivocadas de *mix* de produtos. (iv) Caso diferentes tipos de produtos consumam o mesmo tipo de recurso concomitantemente (ex: matéria-prima), ou seja, de forma conjunta, os custos desse recurso não podem ser atribuídos individualmente aos produtos, pois esse procedimento leva a um *mix* não ótimo de produtos.

Convém ressaltar que (v) nem sempre a função objetivo do modelo de decisão de *mix* de produtos tem comportamento linear com solução passível de otimização. A não linearidade pode advir tanto do preço de venda, como também dos custos (diretos) do produto. Como exemplo de não-linearidade discreta, tem-se a

ocasionada pela existência de descontos no preço de venda (custos) em relação à quantidade vendida (comprada). Como exemplo de não-linearidade contínua, tem-se a configuração da curva de demanda (preço *versus* quantidade vendida) e da curva de compra (preço *versus* quantidade adquirida), que podem apresentar formatos não-lineares (SOUREN; AHN; SCHMITZ, 2005).

Como as soluções para lidar com o problema de decisão *mix* de produtos (ex: heurística da TOC) que envolvem múltiplas restrições e quantidades inteiras de produtos não apresentavam resultados ótimos em todas as situações por se tratar de um problema NP-difícil, conforme afirmam Linhares (2009) e Wang *et al.* (2009), diversos estudos com novos métodos de determinação de *mix* de produtos foram publicados.

Como exemplos, podem ser citadas as publicações que propõem a utilização de técnicas matemáticas e heurísticas avançadas, tais como: algoritmos genéticos (ONWUBOLU; MUTINGI, 2001a; 2001b); *tabu search* (ONWUBOLU, 2001; VASANT; GANESAN; ELAMVAZUTHI, 2013); modelo analítico hierárquico *fuzzy* (BAYOU; REINSTEIN, 2005); algoritmo baseado na integração entre *tabu-search* e *simulated annealing* (MISHRA *et al.*, 2005; GHAZINOORY; FATTAHI; SAMOUEI, 2013); programação linear *fuzzy* (VASANT; BARSOUM, 2006; KARAKAS *et al.*, 2010, além de uma série de artigos com conteúdos semelhantes com co-autoria de Pandian Vasant); algoritmo *psyco-clonal* (SINGH *et al.*, 2006); programação não-linear (WU; CHANG; CHIOU, 2006), algoritmos *immune-based* (WANG *et al.*, 2009), algoritmo *imperialist competitive* (NAZARI-SHIRKOUH *et al.*, 2010), *analytic hierarchy process* (RAY *et al.*, 2010; WANG, *et al.*, 2014), programação linear *fuzzy* multi-objetivo (SUSANTO; BHATTACHARYA, 2011; JIMÉNEZ; SÁNCHEZ; VASANT 2013) e algoritmo construtivo (SOBREIRA; NAGANO, 2012). Os principais elementos de análise desses estudos sobre *mix* de produtos relacionam-se com a qualidade da solução em termos de resultados obtidos e de tempo de processamento computacional.

Apesar das dificuldades e limitações encontradas pelos modelos de decisão de *mix* de produtos que envolvem múltiplas restrições e comprometidos com a produção de produtos inteiros em um determinado período, os modelos que consideram a produção de itens de forma parcial (a serem finalizados no período seguinte) podem, de fato, trazer soluções ótimas (LINHARES, 2009). Para tal, a quantidade de

produção deve ser dada na forma de números reais, e não de inteiros (HSU; CHUNG, 1998; WANG *et al.* 2009).

A não otimalidade oferecida pela solução baseada na heurística da TOC de Goldratt (1990a), também denominada por Aryanezhad e Komijan (2004) como “algoritmo tradicional da TOC”, em ambientes com múltiplas restrições credenciou pesquisadores a proporem novas heurísticas para decisão de *mix* de produtos. Em um artigo publicado no *International Journal of Production Research*, Fredendall e Lea (1997) propõem a “heurística revisada da TOC para decisão de *mix* de produtos” (*revised TOC product mix heuristic*), também denominada por Aryanezhad e Komijan (2004) como “algoritmo revisado da TOC”. A heurística revisada utiliza o método *neighbourhood search* para realizar interações e concentra os esforços de decisão no recurso gargalo dominante (*dominant bottleneck*), ou seja, o com maior diferença entre a demanda e a capacidade oferecida por um determinado recurso. Fredendall e Lea (1997) apresentam uma aplicação do algoritmo revisado a partir de um exemplo numérico.

Seguindo a mesma linha, Aryanezhad e Komijan (2004) também veiculam no *International Journal of Production Research* um artigo em que são contrastadas as soluções obtidas (dadas em termos de ganho total ou *total throughput* gerado) por quatro formas distintas de se determinar o *mix* de produtos: algoritmo tradicional da TOC; algoritmo revisado da TOC; programação linear inteira; e algoritmo melhorado da TOC (proposto pelos autores). Ao verificarem que a inferioridade do ganho total gerado pelo algoritmo revisado em relação ao gerado pelo algoritmo tradicional em um caso específico (exemplo didático), Aryanezhad e Komijan (2004) propõem um novo algoritmo, denominado como “algoritmo melhorado da TOC” (*improved algorithm*).

O algoritmo melhorado concentra os esforços de decisão não somente no recurso gargalo dominante, mas também nos outros gargalos do sistema. Aryanezhad e Komijan (2004) aplicam o algoritmo melhorado no mesmo exemplo didático, obtendo um ganho total superior aos obtidos pelos outros algoritmos. Para verificar a otimalidade da solução gerada pelo algoritmo melhorado, Aryanezhad e Komijan (2004) calculam o ganho total do caso estudado através de programação linear inteira e constataam que o ganho total auferido é mesmo.

Desta forma, Aryanezhad e Komijan (2004) concluem que o algoritmo melhorado da TOC é mais eficiente que o algoritmo revisado tanto em termos de resultado (ganho total), como também em termos de tempo de processamento computacional exigido, sendo eficiente na busca pela solução ótima de *mix* de produtos em ambientes dotados tanto de apenas uma restrição, como também de múltiplas restrições.

Como exemplo de recentes estudos sobre decisão de *mix* de produtos que prioriza a análise do desempenho das soluções em termos de tempo de processamento computacional, podem ser citados os estudos recentemente publicado na forma de tese por Sobreiro (2012) e de artigo por Sobreiro e Nagano (2012). Nos estudos, as soluções obtidas na resolução de um problema de definição de *mix* de produtos (baseado no clássico problema dos produtos P e Q de Goldratt (1990a)) pelas heurísticas da TOC-h de Fredendall e Lea (1997), da TOC-Ak de Aryanezhad e Komijan (2004) e da TOC-SN (proposta pelos próprios autores) foram comparadas com as soluções geradas através de programação linear inteira. A Figura 33 apresenta a estrutura de pesquisa utilizada por Sobreiro (2012).

Figura 33: Heurísticas *versus* programação linear (inteira) na decisão de *mix* de produtos

Fonte: Sobreiro (2012)

Conforme pode ser observado na Figura 33, de acordo com Sobreiro (2012), as três heurísticas são tidas como geradoras soluções “boas”, porém não ótimas em termos de resultado global (ex: ganho total; lucro bruto; lucro operacional, etc.). Como resultados, a despeito de ter havido a geração de algumas soluções subótimas em termos de ganho total da empresa, Sobreiro (2012) e Sobreiro e Nagano (2012) mostram que a heurística da TOC-SN necessita de menos tempos computacionais, quando comparada à TOC-h, à TOC-Ak e programação inteira, para resolver os problemas de *mix* de produtos abordados no estudo dos referidos autores.

Convém ressaltar que Hsu e Chung (1998) também propõem um algoritmo baseado na TOC para lidar com decisão de *mix* de produtos em ambientes de manufatura com múltiplas restrições. No entanto, não existem estudos que comparam o algoritmo de Hsu e Chung (1998) com outros algoritmos de decisão de *mix* de produtos. Mesmo que o algoritmo melhorado de Aryanezhad e Komijan (2004) apresente um ganho total otimizado, este não garante que o lucro do período seja maximizado. A justificativa para essa afirmação reside no fato de a TOC considerar os custos de mão de obra direta e os custos indiretos como despesas operacionais do período, mesmo em se tratando de *mix* de produtos diferentes.

Desta forma, para qualquer *mix* de produtos definido, as despesas do período são debitadas integralmente do ganho total para se determinar o lucro. Caso os custos de mão de obra e os custos indiretos fossem investigados para se determinar quais deles poderiam ser evitados em cada *mix* de produtos, então o algoritmo de Aryanezhad e Komijan (2004) poderia gerar resultados ótimos em termos de lucro do período.

Corroborando com a premissa (iii) do estudo de Souren, Ahn e Schmitz (2005), há trabalhos que consideram outros custos diretos além do considerado pela TOC na determinação do *mix* ótimo de produtos. Estes trabalhos integram a TOC com a margem de contribuição do método de custeio direto/variável considerando não somente o material direto como custo variável, mas também os custos relacionados com o consumo de mão de obra direta e de utilidades (ex: energia elétrica dos equipamentos de produção) na determinação da métrica econômica de priorização de produção e venda de produtos com base no consumo de recurso gargalo do sistema (ex: NOREEN; SMITH; MACLEY, 1996; SARAIVA JR.; RODRIGUES; COSTA, 2010). Nesta tese, essa lógica de determinação do *mix* de produtos é denominada como “modelo do custeio direto/variável com capacidade”.

Tomando como base um ambiente de manufatura em que há restrição de capacidade produtiva, Boyd e Cox III (2002) realizam comparações entre o método de custeio por absorção (tradicional), o custeio direto/variável, o ABC e a contabilidade de ganhos da TOC no tocante a tomada de decisão gerencial, entre elas, a decisão de *mix* de produtos. Boyd e Cox (2002) concluem que um sistema de contabilidade de custos deve ater-se a restrições do processo produtivo e não deve

fazer o uso de alocações arbitrárias de custos para gerar informação com vistas à tomada de decisão gerencial.

Há trabalhos que consideram tanto a premissa (iii) de Souren, Ahn e Schmitz (2005), como também a sugestão de Boyd e Cox III (2002) de não se realizar alocações arbitrárias de custos na decisão de *mix* de produtos. Como exemplos, podem ser citados os trabalhos de Saraiva Jr. (2007), de Saraiva Jr., Rodrigues e Sampaio (2007) e de Saraiva Jr., Rodrigues e Costa (2010) que comparam a utilização de métricas econômicas para decisão de *mix* de produtos provindas do “modelo do custeio direto/variável com capacidade”, com métricas obtidas com base no custeio direto/variável “tradicional” em que restrições de capacidade produtiva não são levadas em consideração. Ressalta-se que o custeio direto/variável tem como premissa não alocar custos aos produtos de forma arbitrária. Doravante, a utilização do custeio direto/variável “tradicional” para determinação do *mix* de produtos será denominada de “modelo do custeio direto/variável”.

No entanto, de forma idêntica à da heurística da TOC, tanto o “modelo do custeio direto/variável”, como também o “modelo do custeio direto/variável com capacidade”, consideram os custos indiretos como despesas (fixas) do período que são integralmente debitadas da margem de contribuição total (conceito semelhante ao de “ganho total” da TOC) para se determinar o lucro do período. Portanto, a otimalidade desses modelos em termos de lucro também é questionável, pois nenhuma análise é realizada nos custos indiretos para saber se alguns deles poderiam ser evitados quando diferentes *mix* de produtos fossem definidos.

Diversos artigos sobre decisão de *mix* de produtos são publicados considerando contextos empresariais específicos e outras variáveis de análise de resultados além do lucro ou do ganho total gerado no período. Como primeiro exemplo, pode ser citado o trabalho de Lea e Fredendall (2002) que, considerando um ambiente de manufatura com produção feita para estoque, realizam simulações computacionais para analisar a decisão de *mix* de produtos com demanda, tempo de processamento e preço de matéria-prima dados estocasticamente. No estudo, medidas não-financeiras, tais como o estoque em processo (WIP - *work in process*) e o nível de serviço ao cliente, são consideradas conjuntamente ao lucro líquido (do inglês *net income*, nos termos de Lea e Fredendall (2002)) para avaliar os resultados obtidos com a decisão de *mix* de produtos em um horizonte de 36 meses de análise.

Por sua vez, Haka, Jacobs e Marchal (2002) abordam os benefícios que a alocação de custos fixos aos produtos pode oferecer a decisões de *mix* de produtos de empresas inseridas em uma estrutura de mercado oligopolista. Balakrishnan e Sivaramakrishnan (1996) também analisam os benefícios da alocação de custos fixos para fins de decisão de *mix* de produtos para empresas inseridas em uma estrutura de mercado de concorrência perfeita. O “benefício” da alocação de custos fixos ao qual Balakrishnan e Sivaramakrishnan (1996) e Haka, Jacobs e Marchal (2002) se referem, diz respeito à possibilidade dos custos fixos representarem o custo de oportunidade do capital nas decisões de *mix* de produtos, pois os outros trabalhos sobre decisão de *mix* de produtos até aqui referenciados não fazem alusão ao custo do capital.

Tomando como base de discussão um estudo de caso em uma indústria de alimentos, Mabin e Davies (2003) apresentam outras metodologias para se determinar o *mix* de produtos, tais como a árvore de realidade atual e o diagrama de resoluções de conflitos. Estas metodologias são proposições de caráter qualitativo que foram desenvolvidas e divulgadas na literatura por Goldratt no início da década de 1990 (para mais detalhes, consultar Goldratt (1990b) e Cogan (2007)).

Também considerando aspectos qualitativos, Chung, Lee e Pearn (2005a; 2005b) utilizam abordagens de rede analítica de processo (ANP - *analytic network process*) e de hierarquia analítica de processo (AHP - *analytic hierarchy process*) na determinação do *mix* de produtos em um ambiente de manufatura de semicondutores.

Além de utilizar as abordagens de AHP e ANP, Chung, Lee e Pearn (2005a; 2005b) realizam comparações entre diversos *mix* de produtos gerados incorporando a opinião de *experts* para projetar um *ranking* do desempenho obtido com cada um dos *mix* obtidos e selecionar o melhor entre eles em termos de eficiência produtiva e indicadores financeiros. Desta forma, a abordagem de Chung, Lee e Pearn (2005a; 2005b) incorpora tanto aspectos objetivos e quantitativos (ex: custos), como também aspectos qualitativos e subjetivos (ex: opinião de *experts*) na decisão de *mix* de produtos.

Ainda utilizando o contexto de fabricantes de semicondutores, Chung *et al.* (2008) tratam a decisão de *mix* de produtos utilizando como unidade de análise não os tipos

de produto a serem priorizados individualmente, e sim as “famílias de produtos” devido à dificuldades de se obter previsões de demanda para produtos individualmente no tipo de empresa abordada.

Questionando o poder da abordagem baseada na TOC para lidar com questões e decisões de melhoria da qualidade de processos, Köksal (2004) propõe um modelo para seleção conjunta de um *mix* ótimo de produtos e de projetos de melhoria de qualidade. O modelo toma como base a TOC e é representado na forma de programação linear que objetiva maximizar o ganho total e minimizar as perdas de qualidade. O modelo proposto é ilustrado a partir do uso de dois exemplos didáticos.

Vasant e Barson (2006) utilizam dados coletados em uma empresa produtora de chocolates e aplicam programação linear *fuzzy* para determinar um *mix* ótimo de produtos em ambientes caracterizados por incertezas (ex: demanda instável). Seguindo a mesma linha, Bhattacharya e Vasant (2007) e Bhattacharya *et al.* (2008) abordam a decisão de *mix* de produtos em ambientes com múltiplas restrições utilizando programação linear *fuzzy* com a incorporação de uma função de pertinência (*membership function*) para trabalhar níveis de satisfação do tomador de decisão. Desta forma, aspectos qualitativos também são considerados por Bhattacharya e Vasant (2007) e Bhattacharya *et al.* (2008) na decisão de *mix* de produtos.

Letmathe e Balakrishnan (2005) apresentam dois modelos matemáticos para determinação do *mix* ótimo de produtos considerando, além de restrições de capacidade produtiva, a presença de diferentes tipos de restrições decorrentes de regulação ambiental. O primeiro modelo baseia-se na programação linear e assume que cada produto pode ser manufaturado a partir de apenas um tipo de processo produtivo. O segundo modelo faz o uso de uma programação linear inteira mista e aborda a situação em que um mesmo tipo de produto pode ser produzido a partir de diferentes processos.

Por sua vez, Lockhart e Taylor (2007) realizam comparações entre resultados obtidos por *mix* de produtos sob a abordagem da TOC e do ABC considerando custos internos decorrentes de regulação ambiental (ex: tratamento de efluentes e controle de emissões gasosas). A partir de um exemplo numérico, Lockhart e Taylor (2007) concluem que o resultado econômico (expresso pelos autores em termos de

lucro operacional, do inglês *operating income*) obtido pelo *mix* de produtos sob a ótica da TOC é superior ao gerado sob a ótica do ABC, que não considera o consumo de recurso gargalo na determinação da métrica de priorização dos produtos.

Tsai e Lai (2007), focando ambientes de produção conjunta (ex: refinarias de petróleo e usinas sucroalcooleiras), propõem um algoritmo de sete etapas baseado na TOC para auxiliar na decisão de *mix* de produtos. Ainda focando a produção conjunta, Tsai, Lai e Chang (2007) examinam a aplicação do ABC na produção conjunta de produtos e os efeitos econômicos da elevação da capacidade produtiva (via recursos internos ou via terceirização de atividades) na determinação do *mix* ótimo de produtos.

Wang, Du e Wen (2007) utilizam programação linear inteira mista para propor um modelo de decisão de *mix* de produtos a ser aplicado em indústrias de telas de cristal líquido com múltiplas plantas produtivas. A partir de um estudo de caso realizado em uma empresa tailandesa com quatro plantas produtivas, Wang, Du e Wen (2007) expõem as quantidades ótimas de produtos a serem manufaturadas em cada uma das fábricas.

Em um artigo publicado no *International Journal of Production Economics*, Kee (2008) propõe um modelo baseado em programação linear que integra a decisão de *mix* de produtos com decisões de preço e de terceirização de atividades em ambientes de manufatura, considerando múltiplas restrições com comportamento *soft* (possibilidade de expansão de capacidade) e efeitos da economia de escopo. Kee (2008, p. 683) utiliza o seguinte argumento para definir os efeitos da economia de escopo: “quando dois ou mais produtos utilizam o mesmo recurso, pode ser mais barato produzi-los conjuntamente do que produzir cada um deles de forma separada.”

Além disso, Kee (2008) considera que os custos dos recursos (ex: material direto) podem ter desconto de acordo com o volume de compra negociado com o fornecedor, o que confere um caráter não-linear dos custos na modelagem matemática realizada. Vale ressaltar que Kee (2008) apresenta apenas um modelo de programação linear específico para o exemplo numérico trabalhando no artigo, ou

seja, não é fornecido nenhum modelo conceitual que pode ser generalizado ou aplicado em outras situações.

Outros modelos de decisão de *mix* de produtos propostos, tais como os de Hasuike e Ishii (2009a; 2009b) utilizam uma abordagem probabilística baseada na teoria do portfólio (para mais detalhes sobre a teoria do portfólio, ver Markovits (1952)) para definição do *mix* de produtos. Uma das variáveis-chave dos modelos que compõe a função a ser maximizada, denominada como retorno futuro do produto (do inglês *future return of product*), é dada como a diferença entre o preço e o custo do produto. No entanto, os modelos não explicitam como os custos dos produtos são determinados, ou seja, se consideram ou não, além dos custos de matéria-prima, outros custos tais como os de mão de obra, de utilidades e indiretos.

Partindo da crítica de que o modelo desenvolvido por Kee (1995) logra êxito apenas em situações em que a capacidade das atividades é estável e a demanda de cada produto é precisa, Karakas *et al.* (2010) propõem um modelo de decisão de *mix* de produtos baseado em programação linear com restrições do tipo *fuzzy* em relação à capacidade das atividades e à demanda do mercado pelos produtos. Por sua vez, Ray, Sarkar e Sanyal (2010; 2011) utilizam o método AHP (*analytic hierarchy process*) no desenvolvimento de uma heurística aplicada à decisão de *mix* de produtos, apresentando sua aplicação a partir de um exemplo didático/ilustrativo. Tomando como argumento base, por exemplo, a facilidade de construção do modelo de decisão, Ray, Sarkar e Sanyal (2010; 2011) afirmam que o modelo por eles propostos oferecem resultados superiores aos do modelo baseado na heurística da TOC e aos do modelo baseado em programação linear inteira.

Com vistas à formulação de um modelo para decisão de *mix* de produtos baseado em heurística, Nazari-Shirkouh *et al.* (2010) fazem uso do algoritmo competitivo imperialista (*imperialist competitive algorithm*). Tomando com base o mesmo exemplo numérico utilizado por Coman and Ronen (2000), Nazari-Shirkouh *et al.* (2010) realizam análises comparativas entre os resultados obtidos com o modelo por eles proposto, com a heurística da TOC e com a utilização da margem de contribuição *per se* (o que os autores denominam, equivocadamente, como “contabilidade padrão”, do inglês *standard accounting*) na priorização de produção, ou seja, na decisão de *mix* de produto. Como conclusão, Nazari-Shirkouh *et al.* (2010) expõem que a heurística por eles proposta apresenta resultados superiores

quando comparado com os outros dois modelos de priorização de produção supracitados.

Tsai *et al.* (2010), em um artigo publicado no International Journal of Production Research, desenvolvem um modelo de decisão de *mix* de produtos que integra princípios do ABC com os princípios da TOC para refletir diferentes graus de controle sobre os recursos e sobre os custos destes. Como principais contribuições do modelo proposto por Tsai *et al.* (2010), tem-se a incorporação de fatores relacionados com expansão de capacidade e com desconto na compra de insumo, além do exame do impacto da redução do preço de venda dos produtos, dados diferentes valores de elasticidade-preço da demanda sobre o lucro da empresa. Para tal, é utilizado um exemplo numérico para ilustrar a aplicação do modelo proposto. Por sua vez, Susanto e Bhattacharya (2011) utilizaram programação linear *fuzzy* multi-objetivo para desenvolver uma heurística para a decisão de *mix* de produtos;

Já Sobreira e Nagano (2012) abordam a decisão de *mix* de produtos a partir da proposição de um modelo baseado em heurística construtiva, sendo este comparado com as heurísticas baseadas na Teoria das Restrições propostas por Fredendall e Lea (1997) e por Aryanezhad e Komijan (2004). Após realizar simulações computacionais com vistas à realização de análises comparativas com as duas heurísticas supracitadas, Sobreira e Nagano (2012) concluem que a heurística por eles proposta apresenta resultados superiores em termos de tempo de processamento computacional demandado. No entanto, não são expostas evidências quanto à superioridade da heurística proposta em termos de resultado econômico resultante do *mix* de produtos definido.

Em um artigo recentemente publicado no International Journal of Production Research, Tsai *et al.* (2012) desenvolvem um modelo de decisão de *mix* de produtos baseado programação inteira mista voltado para empresas que produzem produtos “verdes” (do inglês *green products*). Para tal, Tsai *et al.* (2012) realizam pequenas adaptações ao modelo de Tsai *et al.* (2010) e incorporam, como restrições do modelo de programação matemática, limites de emissão de CO² (do inglês, *piecewise CO² emission constraints*). Posteriormente, Li e Chen (2013) também abordam a decisão de *mix* de produtos no contexto da sustentabilidade, considerando restrições ambientais.

Em 2013, pode-se destacar o trabalho de Souza *et al.* (2013) que, com base no trabalho de Barnard (2006) trazem à baila a discussão acerca do uso da heurística da TOC mesmo para operações com múltiplas restrições. Os autores propõem a utilização do “Barnard factor” para definir o *mix* de produtos com base no “ganho unitário” e da exploração do gargalo dominante do sistema. Apesar de não apresentar resultados superiores aos apresentados através de programação linear inteira, a heurística proposta por Souza *et al.* (2013) tem como virtude maior a simplicidade de operacionalização e necessidade de pouco tempo computacional, apesar de gerar soluções subótimas (consideradas “boas soluções” por Barnard (2006)).

Finalmente, dos trabalhos publicados em 2014, podem ser destacados os de Souza *et al.* (2014), que propuseram como medida de lucratividade o “ganho unitário por dia”; e o trabalho de Wellington, Guiffreda e Lewis (2014), que abordaram a decisão de *mix* de produtos “verde” (do inglês *green product-mix*) considerando a existência de restrições de emissões de carbono na proposição de um modelo baseado em programação linear. As publicações recentes acerca da decisão de *mix* de produtos no contexto da sustentabilidade formam uma ramificação destacada da pesquisa sobre o tema decisão de *mix* de produtos que poderá suscitar trabalhos futuros, apesar de não ser considerada como objeto de interesse central da corrente tese.

4.1.3 TOC versus ABC e Hierarquia de Atividades na Decisão de *Mix* de Produtos

De forma paralela ao desenvolvimento dos estudos até aqui apresentados, uma linha de pesquisa sobre decisões de *mix* de produtos ganha força a partir da metade da década de 1990 após a publicação dos artigos de Bakke e Helberg (1991) e de Spoede; Henkee e Umble (1994) que recomendam a integração das abordagens baseadas na TOC e no ABC para definir métricas para tomada de decisão de *mix* de produtos. Outros fatores que condicionam o surgimento dessa linha de pesquisa relacionam-se às fortes críticas postadas ao longo da primeira metade da década de 1990 tanto à (i) heurística da TOC, como também às (ii) heurísticas da margem (nos termos de Linhares (2009)) incluindo as baseadas no ABC, que considera como prioritários os produtos com maior lucratividade, dada pela diferença entre o preço

de venda e os custos de atividades que os produtos consumiram (nos níveis de unidade, de lote e de produto), sem considerar os efeitos do recurso gargalo do sistema (SRIDHARAM *et al.*, 2009).

Como primeiro destaque dessa linha de pesquisa que une a TOC e o ABC, pode ser citado o artigo de Kee (1995) que, utilizando programação inteira mista (para modelar receitas, custos de atividades e restrições de produção e de demanda), propõe um modelo matemático incorporando a capacidade das atividades de produção que oferece um *mix* de produtos melhor, em termos de lucro líquido (do inglês *net profit*, nos termos de Kee (1995)), tanto quando comparado ao obtido com a utilização isolada do ABC (não considera consumo do recurso gargalo na definição da métrica de priorização), como também quando comparado ao obtido com a utilização isolada da heurística da TOC (considera como custo variável apenas o custo de material).

Seguindo a linha de integração entre a TOC e o ABC, Hall, Galambos e Karlsson (1997) propõem a utilização da análise de lucratividade baseado em restrição (*constrained-based profitability analysis*) na decisão de *mix* de produtos que incorpora custos em nível de unidade (além dos custos de material direto), de lote e de produto na tomada de decisão.

Malik e Sullivan (1995) também propõem um modelo de decisão de *mix* de produtos considerando o ABC e atividades restritivas (abordagem da TOC) a partir da utilização de programação inteira mista. A partir de um exemplo numérico, Malik e Sullivan (1995) mostram que a solução obtida pelo modelo matemático proposto considerando informações detalhadas das atividades advindas do ABC é superior quando comparada à solução obtida pelas abordagens de custeio que (i) não considera *overhead* nos custos dos produtos por tratá-lo como despesas do período (custeio direto/variável) ou que (ii) traçam o *overhead* aos produtos com bases de rateio arbitrárias (custeio por absorção e pleno).

Por sua vez, Yahya-Zadeh (1998) estende o trabalho de Kee (1995) e aborda a definição de *mix* de produtos através de um exemplo ilustrativo em que os custos indiretos das atividades possuem componentes fixos e variáveis, e envolvem curvas de aprendizado que implicam em custos de atividades não-lineares. Além disso, é

considerada a capacidade das atividades, pois Yahya-Zadeh (1998) utiliza programação inteira mista seleção do *mix* ótimo de produtos.

Todos esses desenvolvimentos integrando o ABC e a TOC fazem com que Robim Cooper, um dos entusiastas e desenvolvedores do ABC (fortemente criticado pelo criador da TOC, Elyahu Goldratt), afirme que a TOC e o ABC são técnicas de gestão de custos complementares, não concorrentes, pois podem ser usadas conjuntamente para identificar *mix* ótimos de produtos tanto no curto prazo, como também no longo prazo (COOPER; SLAGMULDER, 1999). Como exemplo de integração, tem-se o recente trabalho de Alsmadi, Almani e Khan (2014) em que é abordada a decisão de *mix* de produtos integrando a TOC e o ABC no contexto da produção enxuta.

No entanto, ainda há trabalhos acadêmicos que “insistem” em utilizar a TOC e o ABC de forma indissociada na definição *mix* de produtos, tal como o artigo publicado na Revista Produção por Sinisgalli, Urbina e Alves (2009). Apesar de o *mix* de produtos da TOC apresentar lucros líquidos superiores aos do ABC no estudo de caso apresentado no artigo, o fato de os custos indiretos serem integralmente considerados como despesas operacionais fixas do período faz com o que a otimalidade do resultado da TOC seja questionável.

4.1.4 O Controle Gerencial sobre Custos e o Modelo Geral de Decisão de Mix de Produtos de Kee e Schimidt (2000)

Em um artigo publicado no *International Journal of Production Economics*, Kee e Schimidt (2000) integram conceitos do ABC e da TOC para construir o que eles chamam de “modelo geral” para decisão de *mix* de produtos para ambientes de múltiplas restrições, expresso no formato de programação linear inteira mista. Para tal, é considerada a seguinte notação para as variáveis do modelo:

i	índice do produto
j	índice da atividade
k	índice do nível da atividade ($k=1$ denota atividades em nível de unidades e $k=2$ atividades em nível de produto)
X_{i1}	unidades produzidas do produto i
X_{i2}	variável binária ($X_{i2} = 1$ denota que o tipo de produto é produzido e $X_{i2} =$

	0 que o produto não é produzido);
q_{ij1}	quantidade da atividade em nível de unidade que é usada na produção do produto i
q_{ij2}	quantidade da atividade em nível de produto que é usada na produção do produto i
Q_{jk}	capacidade da atividade j no nível k disponível para a produção
D_i	demanda de mercado do produto i
c_{i0}	custos das matérias-primas utilizada para produzir uma unidade do produto i
c_{jk}	custo da atividade j no nível k
p_i	preço de venda do produto i ;
Z	resultado da função objetivo;
X_{ik}^{ABC}	solução ótima do modelo baseado no ABC;
X_{ik}^{TOC}	solução ótima do modelo baseado na TOC;
X_{ik}^{ABC}	valor ótimo do modelo baseado no ABC;
X_{ik}^{TOC}	valor ótimo do modelo baseado na TOC;
R_{jk}	quantidade de Q_{jk} sujeito ao controle gerencial (discricionário / flexível);
N_{jk}	quantidade de Q_{jk} não sujeito ao controle gerencial (não-discricionário / comprometido);
R_{jk}^*	quantidade de Q_{jk} que é utilizado na produção e está sujeito ao controle gerencial;
N_{jk}^*	quantidade de Q_{jk} que é utilizado na produção e não está sujeito ao controle gerencial.

Na primeira parte do artigo, Kee e Schmidt (2000) ilustram a decisão de *mix* de produto sob a perspectiva do ABC através de um modelo matemático que tem a seguinte formulação (modelo apresentado de forma idêntica à publicada pelos autores):

$$\text{Maximizar } Z_{ABC} = \sum_i (p_i - c_{i0}) X_{i1}^{ABC} - \sum_{i,j,k} c_{jk} q_{ijk} X_{ik}^{ABC}$$

$$\text{Sujeito a } \sum_i X_{ik} q_{ijk} \leq Q_{jk} \quad \forall j, k$$

$$X_{i1} \leq D_i X_{i2} \quad \forall i$$

$$X_{i1} \geq 0 \quad \forall i$$

$$X_{i2} = 0 \text{ ou } 1 \quad \forall i$$

A função objetivo do “modelo ABC” visa maximizar o lucro líquido do período (do inglês *net profit*, nos termos de Kee e Schimdt (2000)), ou seja, a soma das multiplicações do lucro unitário de cada produto (do inglês *unit level profit*, nos termos de Kee e Schimdt (2000 - igual ao preço unitário menos os custos do produto), pelas quantidades produzidas e vendidas de cada produto. O primeiro conjunto de restrições relaciona-se à capacidade produtiva de cada atividade do processo. A segunda restrição diz respeito à demanda do mercado. A terceira restrição de não negatividade refere-se à possibilidade de produção (maior ou igual a zero) de cada tipo de produto. Por fim, a quarta restrição está relacionada com a realização ou não da produção (variável binária) de cada tipo de produto.

No modelo ABC de Kee e Schimdt (2000), o produto incorpora os custos do material direto, da mão de obra direta e das atividades (*overhead*) que são efetivamente necessários à sua produção para avaliar se o produto deve ou não ser incluído no *mix* ótimo de produtos. Os custos das atividades são alocados aos produtos por meio de direcionadores de custos. No entanto, Kee e Schimdt (2000) consideram apenas atividades em nível de unidades e em nível de produtos, deixando as atividades em nível de lote e em nível de facilidades fora do modelo de decisão de *mix* de produtos.

Convém observar que a função objetivo faz iteração tanto com os recursos/atividades limitantes, como também com os recursos/atividades não limitantes. Na sequência do artigo, Kee e Schimdt (2000) ilustram a decisão de *mix* de produto sob a perspectiva da TOC através de um modelo matemático que tem a seguinte formulação:

$$\text{Maximizar } Z_{TOC} = \sum_i (p_i - c_{i0}) X_{i1}^{TOC} - \sum_{j,k} C_{jk} Q_{ijk}$$

$$\begin{aligned} \text{Sujeito a } & \sum_i X_{ik} q_{ijk} \leq Q_{jk} & \forall j, k \\ & X_{i1} \leq D_i X_{i2} & \forall i \\ & X_{i1} \geq 0 & \forall i \\ & X_{i2} = 0 \text{ ou } 1 & \forall i \end{aligned}$$

A função objetivo do “modelo da TOC” corresponde, também, à maximização lucro líquido do período. As restrições do modelo da TOC são as mesmas do modelo ABC. O modelo da TOC diverge do modelo baseado no ABC por considerar, no cálculo do lucro unitário dos produtos, apenas os custos de material direto, sendo os custos de mão de obra direta e os indiretos computados como despesas operacionais do período.

Desta forma, Kee e Schmidt (2000) entendem que o modelo baseado na TOC exclui do produto os custos da mão de obra direta e das atividades (*overhead*) que são efetivamente necessários à sua produção para avaliar se o produto deve ou não ser incluído no *mix* de produtos. Em outras palavras, apenas o valor do ganho unitário de cada produto (preço subtraído do custo de material direto utilizado na produção) influencia a seleção do *mix* ótimo de produtos.

Depois de apresentar os modelos baseados exclusivamente no ABC e na TOC, Kee e Schmidt (2000) expõem o modelo geral de decisão de *mix* de produtos que é construído com base em programação linear inteira e que confronta variáveis e premissas provindas do ABC e da TOC. Convém ressaltar que o modelo desenvolvido por Kee e Schmidt (2000) é denominado como “modelo geral” porque os autores o consideram superior aos modelos de decisão de *mix* de produtos exclusivamente baseados na TOC ou no ABC. O modelo geral proposto por Kee e Schmidt (2000) é expresso através da seguinte formulação matemática:

$$\text{Maximizar } Z = \sum_i (p_i - c_{i0}) X_{i1} - \sum_{j,k} C_{jk} (N_{jk} + R_{jk}^*)$$

$$\text{Sujeito a } \sum_i X_{ik} q_{ijk} - N_{jk}^* - R_{jk}^* = 0 \quad \forall j, k$$

$$N_{jk}^* \leq N_{jk} \quad \forall j, k$$

$$R_{jk}^* \leq R_{jk} \quad \forall j, k$$

$$X_{i1} \leq D_i X_{i2} \quad \forall i$$

$$X_{i1} \geq 0 \quad \forall i$$

$$X_{i2} = 0 \text{ ou } 1 \quad \forall i$$

O modelo geral considera que os gestores dispõem de informações relacionadas à elaboração de cada produto, a saber: quantidade de matérias-primas (obtida através de listas de materiais, do inglês *bill of materials*), tempo de execução de cada processo ou atividade, tipo e capacidade das atividades, níveis de ociosidade, demanda por produtos, entre outros. Além disso, o conceito de recursos discricionários é inserido na função objetivo.

No modelo geral, as restrições contemplam os recursos limitantes e não limitantes. A primeira restrição relaciona-se à capacidade produtiva de cada atividade do processo. A segunda restrição refere-se à capacidade das atividades utilizadas na produção que são passíveis de controle gerencial. A terceira restrição refere-se à capacidade das atividades utilizadas na produção que são não passíveis de controle gerencial. A quarta restrição reflete a demanda (do mercado) de cada tipo de produto. A quinta restrição é de não negatividade e remete à possibilidade de produção (maior ou igual a zero) de cada tipo de produto. A sexta e última restrição está relacionada com a realização ou não da produção (variável binária) de cada tipo de produto.

Por exemplo, em uma empresa com dois produtos (A e B), se a variável binária do produto A for igual a 1, então a empresa pagará pelas atividades em nível de lote e em nível de produto (ex: realizar setup e fazer desenho do produto, respectivamente) utilizadas pelo produto do tipo A. Ainda, se a variável binária para o produto B for igual a zero, então a empresa não pagará pelas atividades em nível de lote e em nível de produto de B. Já no caso de a empresa produzir A e B, a variável binária para os dois produtos será igual a 1 e haverá desembolso dos atividades em nível de lote e em nível de produto para ambos produtos.

Em suma, no modelo geral, a função objetivo é similar à da TOC, enquanto as restrições são similares às do modelo baseado no ABC (restrições das atividades). O modelo geral difere da TOC e do ABC ao considerar que os gerentes têm poder discricionário sob os recursos de mão de obra e de *overhead* (KEE; SCHIMDT, 2000; SARAIVA JR.; PANARELLA; COSTA, 2012).

Aqui, cabe elucidar o significado de poder discricionário: refere-se à condição do gestor de decidir sob as quantidades de recursos ou os níveis de capacidade a serem mantidos na empresa, ou seja, o “controle gerencial” que o gestor possui

sobre a capacidade dos recursos e das atividades. Atkinson *et al.* (2000, p. 214) abordam o conceito de custos discricionários e não discricionários:

O uso dos recursos discricionários não está diretamente relacionado ao volume de produção. Tais custos discricionários resultam de decisões táticas e estratégicas dos gerentes e incluem, por exemplo, as despesas feitas com propaganda, publicidade e pesquisa e desenvolvimento. Nestes casos, as despesas com os recursos de atividades influenciam o nível de produção no longo prazo ao invés de este influenciar o consumo dos recursos da atividade. Os custos das atividades não discricionárias são considerados fixos em relação ao volume de produção.

De forma análoga aos custos não discricionários, Martins e Rocha (2010, p. 22-23) definem os que eles chamam de custos (e despesas) fixos estruturais, a saber:

Custos Fixos estruturais (Cfe) [indiretos em relação às unidades de produtos] são aqueles necessários para dar sustentação e apoio às instalações produtivas como um todo; são relacionados à capacidade produtiva máxima das instalações de determinada planta, com os quais a empresa está comprometida a incorrer. Não são afetados pela quantidade de itens produzidos, pelo número de lotes processados nem pelo volume de produção da planta, e são muitos difíceis de eliminar, conter e reduzir, exceto por decisões estratégicas de alteração de escala ou de tecnologia, que são ações amplas e radicais, geralmente tomadas por parte da alta cúpula da empresa ou da unidade de negócios. Esses custos geralmente permanecem inalterados mesmo em períodos nos quais a unidade de negócio, a planta ou as instalações estejam em nível zero de atividade ou operando muito aquém do seu volume normal [...]. São denominados, também, custos fixos de capacidade ou de sustentação - da unidade de negócio como um todo ou de determinada planta [fazendo uma alegoria à taxonomia hierárquica das atividades da Cooper e Kaplan (1992), seriam custos em nível de instalações ou facilidades] [...] Exemplos de Custos Fixos estruturais são os relacionados à localização e à manutenção do edifício (depreciação, aluguel, imposto predial, manutenção predial, seguro, gastos com condomínio, vigilância, segurança, limpeza, jardinagem etc.); ao projeto do processo de produção, incluindo tecnologia, equipamentos e instalações (depreciação, manutenção, seguros); à remuneração dos principais executivos da unidade, seu *staff* e respectivas acomodações. Por analogia, há também as Despesas Fixas Estruturais, que são aquelas necessárias para dar sustentação e apoio à empresa como um todo; não são afetadas pela quantidade de unidades de negócios, plantas ou instalações em operação, pela quantidade de itens produzidos, pelo número de lotes nem pelo volume de produção das plantas. Exemplos de Despesas Fixas Estruturais são as relacionadas à localização da sede administrativa e seus edifícios [...]; remuneração dos executivos da alta administração (Conselho de Administração, Conselho Fiscal, Comitê de Auditoria, Diretoria Executiva), seu *staff* e respectivas acomodações etc.; e ainda Relações Públicas e Marketing, incluindo promoção e propaganda institucional.

De forma análoga aos custos discricionários, Martins e Rocha (2010, p. 23-24) definem os que eles chamam de custos fixos operacionais, a saber:

Custos Fixos operacionais (Cfo), [geralmente indiretos em relação às unidades de produtos] como o próprio nome indica, são os necessários para a operação das instalações ou plantas de uma unidade de negócios, não necessariamente à capacidade máxima. São afetados pela quantidade de itens produzidos, pelo número de corridas ou ordens de produção, ordens

de serviço, quantidade de lotes ou encomendas, bem como pelo volume de produção da planta. Esses custos podem ser evitados, contidos, reduzidos, eliminados ou aumentados pelos gestores, não necessariamente da alta cúpula, por decisões táticas, com relativa facilidade, geralmente no contexto do planejamento orçamentário para um período a frente. São custos fixos [e geralmente indiretos], porém seu valor pode ser alterado por mudança nas políticas da organização, por terceirização ou internalização de atividades etc. Os valores desses custos podem ser ajustados aos diferentes níveis de atividade dentro dos limites da máxima capacidade instalada. Exemplos de Custos Fixos operacionais são os relacionados a salários, encargos sociais e benefícios de encarregados de turnos, mão de obra direta em certas circunstâncias, depreciação de ferramentas e equipamentos de moldagem, pesquisa e desenvolvimento de novos produtos ou processos, remuneração de gerentes, engenheiros e supervisores de linha, logística, treinamento de funcionários, remuneração e benefícios concedidos aos funcionários de média ou baixa qualificação, programa de estágios com alunos de graduação, algumas atividades terceirizadas, seguros, mão de obra para preparação de máquinas, manutenção, controle de qualidade, assessoria, consultoria etc. [...] Esses custos podem ser ajustados sem muita dificuldade para períodos nos quais a empresa opere aquém ou além do seu volume atual de atividade, adicionando-se ou reduzindo-se turnos de trabalho.

Para Kee e Schmidt (2000), os recursos não discricionários não podem ser distribuídos para outras áreas ou serem eliminados, ou seja, são recursos já comprometidos com a produção. Os discricionários podem ser redistribuídos para outras áreas da empresa e não são deduzidos como custos fixos.

Tomando como base os esclarecimentos conceituais supracitados, pode-se melhor entender a justificativa dada por Kee e Schmidt (2000, pág. 15) para o desenvolvimento do modelo geral de decisão de *mix* de produtos:

Quando a empresa possui graus variados de controle sobre os recursos de mão de obra e *overhead*, nem o modelo da TOC e nem o baseado no ABC podem levar ao *mix* ótimo de produtos. Um modelo mais geral foi desenvolvido que sobrepuja os rigorosos requisitos dos modelos baseados na TOC e no ABC.

Kee e Schmidt (2000) consideram o ABC e a TOC como modelos alternativos para avaliar as consequências econômicas de decisões de *mix* de produtos em contraponto ao uso de sistemas convencionais de custeio (ex: custeio por absorção e direto/variável). Kee e Schmidt (2000) tratam os modelos da TOC e do ABC como casos especiais de aplicação do modelo geral no tocante à decisão de *mix* de produtos. A TOC e o ABC podem conduzir a *mix* ótimos de produtos quando a empresa não possui poder discricionário sobre os custos dos recursos e quando possui total poder discricionário sobre os custos dos recursos, respectivamente.

Por outro lado, à medida que a gerência tem poder discricionário sob os recursos de mão de obra e *overhead*, o modelo geral origina o melhor *mix* de produto explorando ao máximo os recursos limitantes/gargalos (KEE; SCHMIDT, 2000). Convém ressaltar que o artigo de Kee e Schmidt (2000) é bem referenciado tanto na literatura internacional (ver seção 2.3 da análise bibliométrica), como também na brasileira, pois foi trabalhado como um dos textos fundamentais em uma tese de doutorado defendida no ano de 2008 (NÉLO, 2008).

4.1.5 O Controle Gerencial sobre Custos e o Modelo ABC Operacional de Decisão de Mix de Produtos de Kee (2001)

Seguindo na linha de pesquisa sobre métodos de decisão de *mix* de produtos, agora no contexto de operações com apenas uma restrição, Kee (2001) propõe uma heurística de decisão em que o ABC é utilizado conjuntamente à TOC com a incorporação dos conceitos de custos “flexíveis” e “comprometidos” desenvolvidos por Kaplan e Cooper (1998), conceitos estes que são equivalentes aos conceitos de custos discricionários e não discricionários, respectivamente.

Kee (2001) parte da ideia de que a TOC, quando utilizada isoladamente, pode subestimar o custo dos produtos ao considerar gastos com mão de obra e *overhead* como despesas do período (por exemplo, custos com trabalhadores temporários, energia e algumas atividades indiretas podem ser variáveis mesmo no curto prazo) e, conseqüentemente, acarretar em decisões subótimas de alocação de recursos. Por outro lado, Kee (2001) considera que o ABC, ao desprezar os efeitos do consumo de recurso gargalo, também pode gerar decisões subótimas de *mix* de produtos.

Os custos flexíveis considerados na heurística proposta por Kee (2001) referem-se à parcela de uma atividade que é passível de controle gerencial em um determinado período, ou seja, pode ser realocada ou até mesmo não utilizada, tendo comportamento semelhante ao de um custo variável e sendo relevante para a decisão de *mix* de produtos.

Já os custos comprometidos referem-se à parcela de uma atividade que é não passível de controle gerencial em um determinado período, ou seja, é um custo

irrecuperável (*sunk cost*) que tem comportamento semelhante ao de um custo fixo, sendo irrelevante para a tomada de decisão de *mix* de produtos no curto prazo (KEE, 2001). Convém ressaltar que o horizonte de "curto prazo" referido por Kee (2001) remete a um período de aproximadamente um ano, sendo coerente com o horizonte de planejamento de "médio prazo" em que Bahl, Taj e Corcoran (1991) inserem a decisão de *mix* de produtos (um a três anos).

O modelo proposto por Kee (2001) para definição de *mix* de produtos no curto prazo é denominado de "modelo ABC operacional" e considera nos custos dos produtos, além dos custos diretos de material, os custos flexíveis de mão de obra direta e de atividades (produtivas e auxiliares).

Quando os custos dos produtos são confrontados com o preço de venda, tem-se o lucro unitário. Para definir a métrica econômica para priorização de produção e venda de produtos sob a ótica do modelo ABC operacional, Kee (2001) realiza o seguinte cálculo para cada tipo de produto: lucro unitário dividido pelo consumo da atividade com menor capacidade produtiva (restrição do sistema). Convém ressaltar que essa métrica é semelhante à utilizada pela TOC, diferenciando-se ao considerar no cálculo do ganho unitário, outros custos além do material direto consumido pelo produto.

Kee (2001) faz referência à lógica de decisão de *mix* de produtos proposta por Kee (1995) que considera tanto os custos flexíveis, como também os comprometidos, das atividades e da mão de obra na determinação do lucro unitário que, por sua vez, é dividido pelo consumo da atividade com menor capacidade produtiva (restrição do sistema) para definir a métrica de priorização de produção e venda de produtos. A lógica é denominada por Karakas (2010) como "abordagem expandida do ABC" e por Kee (2001) como "modelo ABC com capacidade".

Outra lógica de decisão considerada no estudo de Kee (2001) é denominada como "modelo ABC tradicional". Neste modelo, todos os custos (comprometidos e flexíveis) de atividades e de mão de obra são considerados na determinação do lucro unitário, porém a atividade restritiva do sistema não é levada em consideração para definir a métrica de decisão do *mix* de produtos. Convém ressaltar que os três modelos propostos, apesar de poderem ser considerados como heurísticas,

possuem natureza quantitativa e são trabalhados por meio de procedimentos matemáticos.

A partir de um exemplo numérico/didático/ilustrativo, Kee (2001) analisa comparativamente a solução gerada, em termos de lucro líquido (do inglês *net profit*, nos termos de Kee (2001)) pelos *mix* de produtos determinados pelos três modelos de decisão. Com base nos lucros líquidos obtidos no exemplo numérico, Kee (2001) conclui que o *mix* de produtos obtido pela ótica do modelo ABC operacional sobrepuja os outros dois modelos. Convém observar que o estudo de Kee (2001) abrange ambientes em que se considera a existência de apenas uma restrição no sistema com comportamento *hard* (impossibilidade de expansão de capacidade) no horizonte que o autor chama de “curto prazo” (ex: 1 ano). Ainda, no Brasil, o estudo de Kee (2001) foi abordado por Cogan (2007).

As condições de contorno atendidas por Kee (2001) buscam mitigar o problema que heurísticas de decisão (ex: heurística da TOC) possuem no tocante à otimização de *mix* de produtos em sistemas com múltiplas restrições, tal como apontam Plenert (1993), Balakrishnan e Cheng (2000), Souren, Ahn e Schmitz (2005), Linhares (2009) e Wang *et al.* (2009). Para situações que envolvem múltiplas restrições *hard* (também chamadas de *binding bottlenecks*), Kee (2001) sugere a adoção do modelo geral de Kee e Schmidt (2000) para a definição do *mix* de produtos no curto prazo, apesar das limitações do modelo geral devido à não consideração de atividades em nível de lote.

Em um artigo recentemente publicado no *International Journal of Production Economics*, Tsai *et al.* (2008) propõem um modelo matemático baseado em programação linear para definir um *mix* ótimo de produtos em ambientes de produção conjunta. O modelo integra conceitos da TOC e do ABC considerando diversos níveis de controle gerencial (poder discricionário) sobre os custos das atividades. Vale ressaltar que o trabalho de Tsai *et al.* (2008) pode ser visto como uma integração dos artigos previamente publicados por Tsai e Lai (2007), Tsai, Lai e Chang (2007) que utilizaram de forma isolada, respectivamente, a TOC e o ABC na decisão de *mix* de produtos em ambientes de produção conjunta.

Visando ilustrar o emprego dos modelos de decisão estabelecidos sob a ótica dos vários métodos de custeio, numa perspectiva ampliada, e da Teoria das Restrições

na decisão de *mix* de produtos (com exceção do TDABC que será abordado na seção 4.3) e proporcionar uma melhor compreensão dos conceitos até aqui discutidos, a próxima seção apresenta um exemplo didático em que a decisão de *mix* de produtos é posta em análise.

4.2 DECISÃO DE *MIX* DE PRODUTOS SOBRE A PERSPECTIVA DE DIFERENTES MÉTODOS DE CUSTEIO E DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES

Esta seção utiliza o estudo de caso/exemplo didático de Saraiva Jr. (2010, p. 99-121) e de Saraiva Jr. e Costa (2011), baseado no estudo de Kee (2001) e de Cogan (2007) com modificações e proposições, para ilustrar as diferenças existentes entre as soluções obtidas pelos *mix* de produtos determinados sob a perspectiva de oito modelos ou heurísticas de decisão baseadas em diferentes métodos de custeio, numa perspectiva ampla, e na Teoria das Restrições. Vale ressaltar que os modelos analisados possuem métricas econômicas de priorização de produtos que são balizadas pelos métodos de custeio que as fundamentam. Saraiva Jr. (2010) elenca os modelos analisados no exemplo didático juntamente a alguns exemplos de publicações acadêmicas que os utilizaram, conforme segue:

- i). Modelo do custeio direto/variável (SARAIVA JR; 2007; SARAIVA JR.; RODRIGUES; SAMPAIO, 2007; SARAIVA JR.; RODRIGUES; COSTA, 2008);
- ii). Modelo do custeio direto/variável com capacidade (SARAIVA JR; 2007; SARAIVA JR.; RODRIGUES; SAMPAIO, 2007; SARAIVA JR.; RODRIGUES; COSTA, 2008; MARTINS, 2010);
- iii). Modelo do custeio por absorção (BLACKSTONE, 2001; LINHARES; 2009);
- iv). Modelo do custeio por absorção com capacidade;
- v). Heurística da TOC (GOLDRATT, 1990; LEE; PLENERT, 1993; HOPP; SPEARMAN, 2000; LINHARES, 2009);
- vi). Modelo ABC tradicional (KEE; 2001);
- vii). Modelo ABC com capacidade (KEE, 1995; KEE, 2001);
- viii). Modelo ABC operacional (KEE; 2001)

4.2.1 O Exemplo Didático da Empresa XYZ Ltda

O exemplo didático de Saraiva Jr. (2010) e de Saraiva Jr. e Costa (2011) trata-se da empresa XYZ Ltda. que trabalha na manufatura de suportes metálicos. Para facilitar a discussão conceitual que o exemplo se propõe a ilustrar, Saraiva Jr. (2010) considera três tipos de produtos (X1, X2 e X3) e quatro atividades operacionais, sendo uma de produção (Montagem) e três de apoio/suporte/auxiliares (Preparação de Equipamento/*Setup*; Compra de Material; e Engenharia de Produtos). Saraiva Jr. (2010) conjectura que os gestores da empresa precisam decidir qual é o *mix* de produtos a ser produzido e vendido no próximo período contábil (horizonte de um ano). Para tal, os gestores realizam um levantamento de informações referentes ao processo produtivo e aos custos da empresa XYZ Ltda.

Inicialmente, Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) sugerem que os gestores reúnam informações sobre o comportamento e os valores dos custos de material direto, de mão de obra direta e de *overhead* (neste exemplo, abordado como custos indiretos de fabricação, sem considerar despesas), além da capacidade produtiva dos recursos da empresa. Os custos de material direto são considerados como flexíveis (variáveis) para o período em análise, enquanto que os custos de mão de obra direta são tratados como comprometidos (fixos). Todos os outros custos, inicialmente, foram considerados como custos indiretos, totalizando R\$ 9.330.000,00. Desse total, 26% dos custos foram tratados como *overheads* flexíveis (discricionário/variável) e 74% como *overheads* comprometidos (não discricionário/fixo).

De acordo com Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011), considerando as premissas do ABC, os gestores detalham o *overhead* a partir do estudo das atividades da empresa. A partir daí, as três atividades auxiliares e a atividade de produção da empresa são determinadas. Após coletarem informações junto aos empregados (não dedicados diretamente à operação produtiva da empresa) sobre os tempos de dedicação e sobre recursos indiretos destinados às diversas atividades da empresa, os gestores conseguem custear as atividades.

Além disso, os gestores verificam que, em cada atividade, os custos flexíveis e os custos comprometidos correspondem a 26% e a 74% dos custos totais,

respectivamente. Convém observar que a atividade “Montagem” ocorre em nível de unidade, as atividades “Preparação de Equipamento/Setup” e “Compra de Material” ocorrem em nível de lote e a atividade “Engenharia” ocorre em nível de produto.

Além das informações sobre custos, Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) sugerem o levantamento de informações sobre o consumo dos produtos em relação a cada recurso do processo produtivo (material direto, mão de obra direta e *overhead* das atividades). A disponibilidade ou capacidade produtiva de cada recurso também é identificada, com exceção do recurso “material direto” que não possui limitações de fornecimento. O Quadro 12 apresenta, esquematicamente, as informações coletadas sobre o processo produtivo, a demanda, os preços e os custos dos produtos em termos de material e de mão de obra estimados para o período em análise.

Quadro 12 - Informações sobre demanda, processo produtivo, preços e custos dos produtos da empresa XYZ Ltda.

		Produto		
Recurso (Flexível)		X1	X2	X3
Material direto unitário (MDu)		R\$ 20,00	R\$ 20,00	R\$ 30,00

		Produto		
Recurso (Comprometido)		X1	X2	X3
Mão de obra direta unitária (MODu em horas)		0,25	0,25	0,13
Capacidade (horas)		168.000	*Custo comprometido com uma capacidade de 168.000 horas por ano	
Custo por hora de MOD *		R\$ 32,00		
Custo total de MOD (ano)		R\$ 5.376.000		

		Produto		
		X1	X2	X3
Demanda esperada		400.000	210.000	110.000
Preço de venda líquido		R\$ 61,00	R\$ 100,00	R\$ 190,00

Recursos produtivos sujeitos à limitação de capacidade (mão de obra direta e atividades)											
		Mão de obra direta (horas)		Montagem (horas-máquina)		Setup (horas)		Compra (nº ordens)		Engenharia (desenhos)	
Produto	Demanda	Uso Unit.	Uso Total	Uso Unit.	Uso Total	Uso Unit.	Uso Total	Uso Unit.	Uso Total	Uso Unit.	Uso Total
X1	400.000	0,25	100.000	0,5	200.000	0,001	400	0,002	800	-	100
X2	210.000	0,25	52.500	1	210.000	0,0025	525	0,0125	2625	-	200
X3	110.000	0,13	13.750	2	220.000	0,0125	1.375	0,075	8250	-	700
(1) Capacidade requerida		166.250		630.000		2.300		11.675		1.000	
(2) Capacidade disponibilizada		168.000		200.000		4.300		11.800		1.000	
(2) - (1) Excesso (ou falta) de capacidade		1.750		-430.000		2.000		125		0	
É uma restrição?		NÃO		SIM		NÃO		NÃO		NÃO	

Fonte: Adaptado de Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011)

Com base nas informações levantadas e levando em consideração as premissas dos diversos métodos de custeio e modelos/heurísticas para decisão de *mix* de produtos, os gestores necessitam realizar cálculos para determinar o lucro máximo que a empresa poderia alcançar no período de análise. Desta forma, já possuindo informações sobre os custos unitários de material direto e de mão de obra direta de

cada tipo de produto, Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) sugerem que os gestores passem a realizar cálculos para tratar os custos indiretos (*overhead*).

Inicialmente, com base no método de custeio por absorção, Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) sugerem que os custos indiretos sejam alocados aos produtos através da utilização da base de rateio “horas-máquina consumidas no setor de montagem”. Assim, tanto o custo indireto total (R\$ 9.330.000,00), como também a parcela flexível (26% = R\$ 2.425.800) e a parcela comprometida (74% = R\$ 6.904.200), são divididos pelo total disponibilizado de horas-máquina para o processo produtivo “Montagem” (200.000 horas-máquina) para se determinar a taxa de rateio. Para cada unidade produzida, a taxa de rateio é, então, multiplicada pelo consumo de horas-máquina de cada tipo de produto para se determinar o custo indireto.

Em seguida, com base no ABC, Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) indicam que os gestores da empresa XYZ Ltda. mapeiem as atividades da empresa (antes distribuídos em setores pela lógica do custeio por absorção), classifiquem-nas em relação ao nível de ocorrência (de unidade, de lote ou de produto) e as valorem em termos de custos indiretos (flexíveis e variáveis). Os custos atribuídos às atividades são obtidos por meio de entrevistas com os empregados da empresa.

Para cada atividade, é designado um direcionador de custos (de segundo estágio) que é utilizado como base de alocação do custo indireto da atividade aos produtos. O custo indireto estimado para cada atividade (total, flexível e comprometido) é dividido pela capacidade total (período de um ano) do direcionador de custo para se determinar a “taxa do direcionador de custos” (*cost drive rate*, nos termos de Kee (2001)). Para cada unidade produzida, a taxa do direcionador de custos é multiplicada pelo consumo de unidades do direcionador de custos realizada por cada tipo de produto para se determinar o custo indireto. O Quadro 13 apresenta, esquematicamente, os cálculos de custos indiretos realizados com base no custeio por absorção e no ABC.

Quadro 13 - Tratamento dos custos indiretos da empresa XYZ Ltda. pela ótica do custeio por absorção e do ABC

CUSTOS INDIRETOS (OVERHEADS) NA PERSPECTIVA DO CUSTEIO POR ABSORÇÃO			
	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
	R\$ 9.330.000	26,00%	74,00%
		R\$ 2.425.800	R\$ 6.904.200
Base de rateio (total de horas de Montagem disponível)	200.000		
Taxa de rateio (R\$ por hora de Montagem utilizada)	R\$ 46,65	R\$ 12,13	R\$ 34,52
CUSTOS INDIRETOS (OVERHEADS) NA PERSPECTIVA DO ABC			
	PRODUTO		
Atividade (em nível de unidade)	X1	X2	X3
Montagem (em horas)	0,5	1	2
	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
Custos indiretos de Montagem	R\$ 4.800.000	R\$ 1.600.000	R\$ 3.200.000
Direcionador de custos = Capacidade (em horas-máquina)	200.000		
Taxa do direcionador de custos = Custo por hora-máquina	R\$ 24,00	R\$ 8,00	R\$ 16,00
	PRODUTO		
Atividade (em nível de lote)	X1	X2	X3
Preparação de Equipamento/Setup (em horas / setup)	1	2	5
Quantidade de produtos por lote	1000	800	400
	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
Custos indiretos de Montagem	R\$ 2.150.000	R\$ 215.000	R\$ 1.935.000
Direcionador de custos = Capacidade (em horas)	4.300		
Taxa do direcionador de custos = Custo por Hora de Setup	R\$ 500,00	R\$ 50,00	R\$ 450,00
	PRODUTO		
Atividade (em nível de lote)	X1	X2	X3
Compra de Material (em nº de ordens de compra / setup)	2	10	30
Quantidade de produtos por lote	1000	800	400
	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
Custos indiretos de Montagem	R\$ 1.180.000	R\$ 472.000	R\$ 708.000
Direcionador de custos = Capacidade (em nº de ordens de compra)	11.800		
Taxa do direcionador de custos = Custo por ordem de compra	R\$ 100,00	R\$ 40,00	R\$ 60,00
	PRODUTO		
Atividade (em nível de produto)	X1	X2	X3
Engenharia de Produto (em desenhos / tipo de produto)	100	200	700
	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
Custos indiretos de Engenharia	R\$ 1.200.000	R\$ 180.000	R\$ 1.020.000
Direcionador de custos = Capacidade (em desenhos)	1.000		
Taxa do direcionador de custo = Custo por desenho	R\$ 1.200,00	R\$ 180,00	R\$ 1.020,00

Fonte: Adaptado de Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011)

No Quadro 13, o valor da taxa de direcionador de custos totais (*total cost driver rate*, nos termos de Kee (2001)) da atividade “Montagem” é calculado pela divisão do custo estimado total da atividade (R\$ 4.800.000,00) pela capacidade prática total do direcionador de custos (200.000 horas-máquina), resultando em uma taxa de R\$ 24,00 por hora-máquina de montagem. A atividade “Montagem” é desagregada em dois componentes de custos: flexível e comprometido. O custo indireto flexível e o custo indireto comprometido foram divididos pela capacidade prática da atividade, gerando, respectivamente, uma “taxa de direcionador de custos flexíveis” (*flexible cost driver rate*, nos termos de Kee (2001)) de R\$ 8,00 por hora-máquina e uma “taxa de direcionador de custos comprometidos” (*committed cost driver rate*, nos termos de Kee (2001)) de R\$ 16,00 por hora-máquina de montagem. Procedimento similar é utilizado para determinar a taxa de direcionador de custos (total, flexíveis e comprometidos) das outras três atividades. Conforme argumenta Kee (2001, p. 144-146):

A taxa de direcionador de custos totais representa o custo da atividade de montagem mensurado pelo modelo ABC tradicional, enquanto que a taxa de direcionador de custos flexíveis representa os custos mensurados pelo modelo ABC operacional. Conceitualmente, a taxa de direcionador de custos totais mensura os custos de todos os recursos utilizados para produzir uma hora de serviço de máquina, enquanto que a taxa de direcionador de custos flexíveis reflete o custo incremental de produzir uma hora de serviço de máquina no curto prazo. A diferença entre as duas taxas é a taxa de direcionador de custos comprometidos. Os custos comprometidos da atividade de montagem incorrerão no curto prazo independentemente se as horas de serviço de máquina são utilizadas na produção ou não. Portanto, custos comprometidos não são relevantes para decisões de curto prazo. Contudo, eles são relevantes no longo prazo e são incluídos na taxa de direcionador de custos do modelo ABC tradicional.

De posse das taxas do custo (total, flexível e comprometido) da capacidade dos departamentos e conhecendo a restrição do sistema produtivo, Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) sugerem a operacionalização de onze passos sequenciais para o cálculo da lucratividade de produtos a serem utilizados na determinação das métricas econômicas dos oito modelos de decisão de *mix* de produtos e para o cálculo do resultado estimado da empresa no período, a saber:

- Passo 1: calcular margem de contribuição unitária e margem bruta unitária com base no custeio direto/variável e no custeio por absorção, respectivamente;
- Passo 2: calcular lucro unitário com base no ABC (operacional e tradicional);

- Passo 3: definir *mix* de produtos através do modelo do custeio por absorção;
- Passo 4: definir *mix* de produtos através do modelo do custeio por absorção com capacidade;
- Passo 5: definir *mix* de produtos através do modelo do custeio direto/variável;
- Passo 6: definir *mix* de produtos através do modelo do custeio direto/variável com capacidade;
- Passo 7: definir *mix* de produtos através do modelo ABC operacional;
- Passo 8: definir *mix* de produtos através do modelo ABC com capacidade;
- Passo 9: definir *mix* de produtos através do modelo ABC tradicional;
- Passo 10: definir *mix* de produtos através do modelo / heurística da TOC;
- Passo 11: estimar resultado do período (ex: lucro anual) obtido através de cada modelo de decisão.

4.2.1.1 Cálculo da Margem de Contribuição Unitária e Margem Bruta Unitária com Base no Custeio Direto/Variável e no Custeio por Absorção

Nesse sentido, no exemplo didático da empresa XYZ Ltda., primeiramente (passo 1), a margem de contribuição unitária (do custeio direto/variável) e a margem bruta unitária (do custeio por absorção - originalmente denominada de "lucro unitário" por Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011), porém aqui adaptada aos termos de Martins e Rocha (2010)) são determinados para cada tipo de produto. Neste caso, os custos de material direto e de mão de obra direta são traçados diretamente para cada produto, enquanto que os custos indiretos são alocados por meio da taxa de rateio calculada com base nas horas de montagem. Como exemplo, o custo indireto alocado ao produto X3 é obtido pela multiplicação da taxa de rateio (R\$ 45,46 por hora de montagem) pelo tempo que o produto X3 consome do processo de montagem (2 horas), o que remete a um valor de R\$ 93,30. O Quadro 14 apresenta o cálculo realizado para todos os produtos.

Quadro 14 - Cálculo da margem de contribuição unitária e da margem bruta unitária dos produtos da empresa XYZ Ltda.

PASSO 1: Calcular margem de contribuição unitária e margem bruta unitária com base no custeio direto/variável e no custeio por absorção, respectivamente									
ITEM (POR UNIDADE)	PRODUTO X1			PRODUTO X2			PRODUTO X3		
	TOTAL	FLEXÍVEL	COMPROM.	TOTAL	FLEXÍVEL	COMPROM.	TOTAL	FLEXÍVEL	COMPROM.
(1) Custo com material direto unitário	R\$ 20,00	R\$ 20,00	-	R\$ 20,00	R\$ 20,00	-	R\$ 30,00	R\$ 30,00	-
(2) Custo com mão de obra direta unitária	R\$ 8,00	-	R\$ 8,00	R\$ 8,00	-	R\$ 8,00	R\$ 4,00	-	R\$ 4,00
(3) Custo indireto com base nas horas de Montagem utilizadas	R\$ 23,33	R\$ 6,06	R\$ 17,26	R\$ 46,65	R\$ 12,13	R\$ 34,52	R\$ 93,30	R\$ 24,26	R\$ 69,04
(4) Custo unitário (custeio direto/variável) = (1) + (2)	R\$ 28,00	R\$ 20,00	R\$ 8,00	R\$ 28,00	R\$ 20,00	R\$ 8,00	R\$ 34,00	R\$ 30,00	R\$ 4,00
(5) Custo unitário (custeio por absorção) = (1) + (2) + (3)	R\$ 51,33	R\$ 26,06	R\$ 25,26	R\$ 74,65	R\$ 32,13	R\$ 42,52	R\$ 127,30	R\$ 54,26	R\$ 73,04
(6) Preço de venda (líquido de impostos)	R\$ 61,00			R\$ 100,00			R\$ 190,00		
(7) Margem de contribuição unitária = (6) - (4)	R\$ 33,00	R\$ 41,00	R\$ 53,00	R\$ 72,00	R\$ 80,00	R\$ 92,00	R\$ 156,00	R\$ 160,00	R\$ 186,00
(8) Margem bruta unitária = (6) - (5)	R\$ 9,68	R\$ 34,94	R\$ 35,74	R\$ 25,35	R\$ 67,87	R\$ 57,48	R\$ 62,70	R\$ 135,74	R\$ 116,96

Fonte: Adaptado de Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011)

4.2.1.2 Cálculo do Lucro Unitário com Base no ABC Operacional e no ABC Tradicional

Em seguida (passo 2), são calculados o lucro unitário com base nos custos totais das atividades e o lucro unitário com base nos custos flexíveis das atividades. Neste caso, os custos de material direto e de mão de obra direta são traçados diretamente para cada produto, enquanto que os custos indiretos das atividades são alocados através das taxas de direcionador de custos calculadas. No caso do produto X2, por exemplo, os custos indiretos alocados (totais e flexíveis) da atividade “Montagem” (em nível de unidade) são obtidos pela multiplicação das taxas de direcionador de custos totais e flexíveis (R\$ 24,00 e R\$ 8,00 por hora-máquina de montagem, respectivamente) pelo tempo que o produto X2 consome da atividade de montagem (1 hora), o que remete aos valores de R\$ 24,00 (custos totais da atividade) e de R\$ 8,00 (custos flexíveis da atividade).

No caso das atividades em nível de lote, Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) pontuam que tanto a taxa de direcionador de custos totais, como a de custos flexíveis, são multiplicadas pelas horas de *setup* requeridas para a produção de um lote de cada tipo de produto e divididas pelo tamanho (em unidades) do lote de produção para determinar o custo unitário de *setup* de cada tipo de produto. Por exemplo, o produto X1 necessita de uma hora de *setup* para produzir um lote de 1.000 unidades. Portanto, os custos indiretos totais e flexíveis de *setup* a serem alocados a uma unidade produzida do produto X1 são, respectivamente, iguais a R\$ 0,50 [(R\$ 500,00 por hora de *setup* x 1 hora) / 1.000 unidades] e a R\$ 0,05 [(R\$ 50 por hora de *setup* x 1 hora) / 1.000 unidades]. Procedimento similar é realizado para

alocar, unitariamente, custos indiretos totais e flexíveis da atividade “Compra de Material” aos produtos manufaturados pela empresa XYZ Ltda.

No caso da atividade “Engenharia”, com ocorrência em nível de produto, tanto a taxa de direcionador de custos totais, como a de custos flexíveis, são multiplicadas pela quantidade de desenhos requerida para o projeto/melhoria de cada tipo de produto e divididas pela demanda esperada de cada produto (em unidades) para determinar o custo unitário de engenharia de cada tipo de produto. Por exemplo, o produto X1 necessita de 100 desenhos de engenharia no período e possui uma demanda de 400.000 unidades estimada para o período.

Desta forma, Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) concluem que os custos indiretos totais e flexíveis de engenharia a serem alocados a uma unidade produzida do produto X1 são, respectivamente, iguais a R\$ 0,30 [(R\$ 1.200,00 por desenho × 100 desenhos) ÷ 400.000 unidades] e a R\$ 0,045 [(R\$ 180,00 por desenho × 100 desenhos) ÷ 400.000 unidades]. O Quadro 15 apresenta o cálculo lucro unitário realizado para todos os produtos pela ótica do ABC.

Quadro 15 - Cálculo do lucro unitário (total e flexível) dos produtos da empresa XYZ Ltda. com base no ABC (operacional e tradicional)

PASSO 2: Calcular lucro unitário com base no ABC (operacional e tradicional)									
ITEM (POR UNIDADE)	PRODUTO X1			PRODUTO X2			PRODUTO X3		
	TOTAL	FLEXÍVEL	COMPROM.	TOTAL	FLEXÍVEL	COMPROM.	TOTAL	FLEXÍVEL	COMPROM.
(1) Custo com material direto unitário	R\$ 20,00	R\$ 20,00	-	R\$ 20,00	R\$ 20,00	-	R\$ 30,00	R\$ 30,00	-
(2) Custo com mão de obra direta unitária	R\$ 8,00	-	R\$ 8,00	R\$ 8,00	-	R\$ 8,00	R\$ 4,00	-	R\$ 4,00
(3) Custo indireto de Montagem (em nível de unidade)	R\$ 12,00	R\$ 4,00	R\$ 8,00	R\$ 24,00	R\$ 8,00	R\$ 16,00	R\$ 48,00	R\$ 16,00	R\$ 32,00
(4) Custo indireto de Setup (em nível de lote)	R\$ 0,50	R\$ 0,05	R\$ 0,45	R\$ 1,25	R\$ 0,13	R\$ 1,13	R\$ 6,25	R\$ 0,63	R\$ 5,63
(5) Custo indireto de Compra de Material (em nível de lote)	R\$ 0,20	R\$ 0,08	R\$ 0,12	R\$ 1,25	R\$ 0,50	R\$ 0,75	R\$ 7,50	R\$ 3,00	R\$ 4,50
(6) Custo indireto de Engenharia (em nível de produto)	R\$ 0,30	R\$ 0,05	R\$ 0,26	R\$ 1,14	R\$ 0,17	R\$ 0,97	R\$ 7,64	R\$ 1,15	R\$ 6,49
(7) Custo unitário (ABC) = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)	R\$ 41,00	R\$ 24,18	R\$ 16,83	R\$ 55,64	R\$ 28,80	R\$ 26,85	R\$ 103,39	R\$ 50,77	R\$ 52,62
(8) Preço de venda (líquido de impostos)	R\$ 61,00			R\$ 100,00			R\$ 190,00		
(9) Lucro unitário = (8) - (7)	R\$ 20,00	R\$ 36,83	R\$ 44,18	R\$ 44,36	R\$ 71,20	R\$ 73,15	R\$ 86,61	R\$ 139,23	R\$ 137,38

Fonte: Adaptado de Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011)

4.2.1.3 Definição do Mix de Produtos Através do Modelo do Custeio por Absorção

De posse das informações da capacidade produtiva de cada recurso e atividade (Quadro 13) e das métricas econômicas de lucratividade (Quadros 14 e 15), Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) indicam que os gestores iniciem o processo de determinação do *mix* de produtos a serem produzidos e vendidos no próximo ano de operação da empresa com base nos oito modelos de decisão considerados.

Primeiramente (passo 3), é utilizado o modelo do custeio por absorção, como mostra o Quadro 16.

Quadro 16 - Determinação do *mix* de produtos da empresa XYZ Ltda. com base no modelo do custeio por absorção

PASSO 3: Determinar <i>mix</i> de produtos através do modelo do custeio por absorção			
Métrica econômica de decisão:	Margem bruta unitária calculada na perspectiva do custeio por absorção		
	PRODUTO		
	X1	X2	X3
Margem bruta unitária	R\$ 9,68	R\$ 25,35	R\$ 62,70
Ranking de prioridade de produção/venda	3°	2°	1°
Demanda (em unidades)	400.000	210.000	110.000
Uso do recurso limitante necessário para atender a demanda total (em horas)	200.000	210.000	220.000
Capacidade do recurso limitante (em horas)	200.000		
Realização de produtos de acordo com o ranking de prioridade (em unidades)	0	0	100.000
Utilização do recurso limitante (em horas)	0	0	200.000
Capacidade restante do recurso limitante (em horas)	200.000	200.000	0
Mix de Produtos (em unidades)	0	0	100.000

Fonte: Adaptado de Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011)

Com base no Quadro 16, pode-se observar que o produto que apresenta o maior valor da métrica de decisão “margem bruta unitária (total)” é o produto X3 (1° lugar no *ranking*). Portanto, a produção do produto X3 deve ser priorizada em detrimento da produção dos outros produtos. Depois de findada a produção de todas as unidades demandadas do produto X3, os gestores da empresa devem verificar se existe capacidade suficiente para manufaturar os produtos do tipo X2 (2° lugar no *ranking*) e X1 (3° lugar no *ranking*). Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) argumentam que, tal como preconiza Kee (2001), mesmo que o recurso limitante do sistema seja ignorado na priorização de produção, este restringe a capacidade total de manufatura dos produtos no curto-prazo (capacidade não pode ser expandida).

Desta forma, ao confrontarem a demanda pelo produto X3 (110.000 unidades) com o recurso de menor capacidade produtiva (200.000 horas de montagem), os gestores verificam que apenas 100.000 unidades do produto X3 poderiam ser produzidas. Portanto, com base no modelo do custeio por absorção, o *mix* de produtos do próximo período seria composto por 100.000 produtos do tipo X3, não sendo considerada a produção de nenhuma unidade dos produtos X2 e X1.

4.2.1.4 Definição do Mix de Produtos Através do Modelo do Custeio por Absorção com Capacidade

Em seguida (passo 4), os gestores utilizam o modelo do custeio por absorção com capacidade para determinar o *mix* de produtos, como mostra o Quadro 17.

Quadro 17 - Determinação do *mix* de produtos da empresa XYZ Ltda. com base no modelo do custeio por absorção com capacidade

PASSO 4: Determinar <i>mix</i> de produtos através do modelo do custeio por absorção com capacidade			
Métrica econômica de decisão: Margem bruta unitária calculado na perspectiva do custeio por absorção dividida pelo consumo unitário do recurso limitante			
	PRODUTO		
	X1	X2	X3
Margem bruta unitária	R\$ 9,68	R\$ 25,35	R\$ 62,70
Consumo unitário da restrição (horas-máquina de Montagem por unidade)	0,5	1	2
Margem bruta unitária por hora-máquina (restrição)	R\$ 19,35	R\$ 25,35	R\$ 31,35
Ranking de prioridade de produção/venda	3°	2°	1°
Demanda (em unidades)	400.000	210.000	110.000
Uso do recurso limitante necessário para atender a demanda total (em horas)	200.000	210.000	220.000
Capacidade do recurso limitante (em horas)	200.000		
Realização de produtos de acordo com o ranking de prioridade (em unidades)	0	0	100.000
Utilização do recurso limitante (em horas)	0	0	200.000
Capacidade restante do recurso limitante (em horas)	200.000	200.000	0
Mix de Produtos (em unidades)	0	0	100.000

Fonte: Adaptado de Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011)

Com base no Quadro 17, pode-se observar que o produto que apresenta o maior valor da métrica de decisão “lucro unitário (total) dividido pelo consumo unitário do recurso limitante” é o produto X3 (1º lugar no *ranking*). Portanto, a produção do produto X3 deve ser priorizada em detrimento da produção de X2 (2º lugar no *ranking*) e de X1 (3º lugar no *ranking*). No entanto, ao confrontarem a demanda pelo produto X3 (110.000 unidades) com o recurso de menor capacidade produtiva (200.000 horas de montagem), os gestores verificam que apenas 100.000 unidades do produto X3 poderiam ser produzidas. Desta forma, considerando o modelo do custeio por absorção com capacidade, o *mix* de produtos do próximo período seria composto por 100.000 produtos do tipo X3 e nenhuma unidade dos produtos X2 e X1.

4.2.1.5 Definição do Mix de Produtos Através do Modelo do Custeio Direto/Variável

Na sequência do estudo (passo 5), Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) sugerem que os gestores determinem o *mix* de produtos através da aplicação do modelo do custeio direto/variável, como mostra o Quadro 18.

Quadro 18 - Determinação do *mix* de produtos da empresa XYZ Ltda. com base no modelo do custeio direto/variável

PASSO 5: Determinar <i>mix</i> de produtos através do modelo do custeio direto/variável			
Métrica econômica de decisão: Margem de contribuição unitária calculada na perspectiva do custeio direto/variável			
	PRODUTO		
	X1	X2	X3
Margem de contribuição unitária	R\$ 33,00	R\$ 72,00	R\$ 156,00
Ranking de prioridade de produção/venda	3º	2º	1º
Demanda (em unidades)	400.000	210.000	110.000
Uso do recurso limitante necessário para atender a demanda total (em horas)	200.000	210.000	220.000
Capacidade do recurso limitante (em horas)	200.000		
Realização de produtos de acordo com o ranking de prioridade (em unidades)	0	0	100.000
Utilização do recurso limitante (em horas)	0	0	200.000
Capacidade restante do recurso limitante (em horas)	200.000	200.000	0
Mix de Produtos (em unidades)	0	0	100.000

Fonte: Adaptado de Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011)

No Quadro 18, observa-se que o produto que apresenta o maior valor da métrica de decisão “margem de contribuição unitária” é o produto X3 (1º lugar no *ranking*). Com isso, a produção do produto X3 deve ser priorizada em detrimento da produção de X2 (2º lugar no *ranking*) e de X1 (3º lugar no *ranking*). Porém, ao confrontarem a demanda pelo produto X3 (110.000 unidades) com o recurso de menor capacidade produtiva (200.000 horas de montagem), os gestores verificam que apenas 100.000 unidades do produto X3 poderiam ser produzidas. Desta forma, como base no modelo do custeio direto/variável, o *mix* de produtos do próximo período seria composto por apenas 100.000 produtos do tipo X3, sendo desprezada a produção dos produtos X2 e X1.

4.2.1.6 Definição do Mix de Produtos Através do Modelo do Custeio Direto/Variável com Capacidade

Em seguida (passo 6), os gestores utilizam o modelo do custeio direto/variável com capacidade para determinar o *mix* de produtos, como mostra o Quadro 19.

Quadro 19 - Determinação do *mix* de produtos da empresa XYZ Ltda. com base no modelo do custeio direto/variável com capacidade

PASSO 6: Determinar <i>mix</i> de produtos através do modelo do custeio direto/variável com capacidade			
Métrica econômica de decisão: Margem de contribuição unitária calculada na perspectiva do custeio direto/variável dividida pelo consumo unitário do recurso limitante			
	PRODUTO		
	X1	X2	X3
Margem de contribuição unitária	R\$ 33,00	R\$ 72,00	R\$ 156,00
Consumo unitário da restrição (horas-máquina de Montagem por unidade)	0,5	1	2
Margem de contribuição unitária por hora-máquina (restrição)	R\$ 66,00	R\$ 72,00	R\$ 78,00
Ranking de prioridade de produção/venda	3°	2°	1°
Demanda (em unidades)	200.000	210.000	220.000
Uso do recurso limitante necessário para atender a demanda total (em horas)	200.000	210.000	220.000
Capacidade do recurso limitante (em horas)	200.000		
Realização de produtos de acordo com o ranking de prioridade (em unidades)	0	0	100.000
Utilização do recurso limitante (em horas)	0	0	200.000
Capacidade restante do recurso limitante (em horas)	200.000	100.000	0
Mix de Produtos (em unidades)	0	0	100.000

Fonte: Adaptado de Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011)

No Quadro 19, observa-se que o produto que apresenta o maior valor da métrica de decisão “margem de contribuição unitária dividida pelo consumo unitário do recurso limitante” é o produto X3 (1º lugar no *ranking*). Com isso, a produção do produto X3 deve ser priorizada em detrimento da produção de X2 (2º lugar no *ranking*) e de X1 (3º lugar no *ranking*). No entanto, ao confrontarem a demanda pelo produto X3 (110.000 unidades) com o recurso de menor capacidade produtiva (200.000 horas de montagem), os gestores verificam que apenas 100.000 unidades do produto X3 poderiam ser produzidas. Desta forma, com base no modelo do custeio direto/variável com capacidade, Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) estabelecem que o *mix* de produtos do próximo período seria composto por apenas 100.000 produtos do tipo X3, não sendo considerada a produção dos produtos X2 e X1.

4.2.1.7 Definição do Mix de Produtos Através do Modelo ABC Operacional

Na sequência do estudo (passo 7), Saraiva Jr. (2010) pontua que os gestores passam a determinar o *mix* de produtos através da aplicação do modelo do ABC operacional, como mostra o Quadro 20.

Quadro 20 - Determinação do *mix* de produtos da empresa XYZ Ltda. com base no modelo ABC operacional

PASSO 7: Determinar <i>mix</i> de produtos através do modelo ABC operacional			
Métrica econômica de decisão: Lucro unitário (flexível) calculado na perspectiva do ABC dividido pelo consumo unitário do recurso limitante			
	PRODUTO		
	X1	X2	X3
Lucro unitário (flexível)	R\$ 36,83	R\$ 71,20	R\$ 139,23
Consumo unitário da restrição (horas-máquina de Montagem por unidade)	0,5	1	2
Lucro unitário (flexível) por hora-máquina (restrição)	R\$ 73,65	R\$ 71,20	R\$ 69,61
<i>Ranking</i> de prioridade de produção/venda	1°	2°	3°
Demanda (em unidades)	400.000	210.000	110.000
Uso do recurso limitante necessário para atender a demanda total (em horas)	200.000	210.000	220.000
Capacidade do recurso limitante (em horas)	200.000		
Realização de produtos de acordo com o ranking de prioridade (em unidades)	400.000	0	0
Utilização do recurso limitante (em horas)	200.000	0	0
Capacidade restante do recurso limitante (em horas)	0	0	0
Mix de Produtos (em unidades)	400.000	0	0

Fonte: Adaptado de Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011)

Com base no Quadro 20, pode-se observar que o produto que apresenta o maior valor da métrica de decisão “lucro unitário (flexível) dividido pelo consumo unitário do recurso limitante” é o produto X1 (1º lugar no ranking). Convém observar que, para respeitar as premissas do ABC operacional (KEE, 2001), apenas os custos indiretos flexíveis das atividades foram considerados no cálculo do custo unitário dos produtos. Com base no *ranking* de priorização, a produção do produto X1 deve ser priorizada em detrimento da produção dos outros produtos.

Depois de findada a produção de todas as unidades demandadas do produto X1, os gestores da empresa devem verificar se existe capacidade suficiente para manufaturar os produtos do tipo X2 (2º lugar no *ranking*) e X3 (3º lugar no *ranking*). Ao confrontarem a demanda do produto X1 (400.000 unidades) com o recurso de menor capacidade produtiva (200.000 horas de montagem), os gestores verificam que todas as 400.000 unidades do produto X3 poderiam ser produzidas e que não sobraria capacidade da atividade “Montagem” para manufaturar os demais produtos. Desta forma, pela ótica do modelo ABC operacional, Saraiva Jr. (2010) pontua o *mix* de produtos do próximo período seria composto por 400.000 produtos do tipo X1, não sendo considerada a produção dos produtos X2 e X3.

4.2.1.8 Definição do Mix de Produtos Através do Modelo ABC com Capacidade

Em seguida, de acordo com Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011), o passo 8 é realizado com a aplicação do modelo de decisão de *mix* de produtos baseado no ABC com capacidade, como mostra o Quadro 21.

Quadro 21 - Determinação do *mix* de produtos da empresa XYZ Ltda. com base no modelo ABC com capacidade

PASSO 8: Determinar <i>mix</i> de produtos através do modelo ABC com capacidade			
Métrica econômica de decisão: Lucro unitário (total) calculado na perspectiva do ABC dividido pelo consumo unitário do recurso limitante			
	PRODUTO		
	X1	X2	X3
Lucro unitário (total)	R\$ 20,00	R\$ 44,36	R\$ 86,61
Consumo unitário da restrição (horas-máquina de Montagem por unidade)	0,5	1	2
Lucro unitário (total) por hora-máquina (restrição)	R\$ 40,00	R\$ 44,36	R\$ 43,31
Ranking de prioridade de produção/venda	3°	1°	2°
Demanda (em unidades)	400.000	210.000	110.000
Uso do recurso limitante necessário para atender a demanda total (em horas)	200.000	210.000	220.000
Capacidade do recurso limitante (em horas)	200.000		
Realização de produtos de acordo com o ranking de prioridade (em unidades)	0	200.000	0
Utilização do recurso limitante (em horas)	0	200.000	0
Capacidade restante do recurso limitante (em horas)	200.000	0	0
Mix de Produtos (em unidades)	0	200.000	0

Fonte: Adaptado de Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011)

O Quadro 21 mostra que o produto X2 apresenta o maior valor da métrica de decisão “lucro unitário (total) dividido pelo consumo unitário do recurso limitante”. Convém observar que, para respeitar as premissas do modelo ABC com capacidade (KEE, 1995; KEE, 2001), tanto os custos indiretos flexíveis, como também os comprometidos, das atividades foram considerados no cálculo do custo unitário dos produtos. Com base no *ranking* de priorização, a produção do produto X2 deve ser priorizada em detrimento da produção de X3 (2º lugar no *ranking*) e de X1 (3º lugar no *ranking*).

No entanto, ao confrontarem a demanda pelo produto X2 (210.000 unidades) com o recurso de menor capacidade produtiva (200.000 horas de montagem), os gestores verificam que apenas 200.000 unidades do produto X2 poderiam ser produzidas e que não sobraria capacidade de montagem para manufaturar os demais produtos. Desta forma, tomando como base o modelo do ABC com capacidade, Saraiva Jr. (2010) estabelece que o *mix* de produtos do próximo período seria composto por 200.000 produtos do tipo X2 e nenhuma unidade dos produtos X1 e X3.

4.2.1.9 Definição do Mix de Produtos Através do Modelo ABC Tradicional

O sétimo modelo de decisão de *mix* de produtos considerado por Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) é o baseado no ABC tradicional (passo 9), como mostra o Quadro 22.

Quadro 22 - Determinação do *mix* de produtos da empresa XYZ Ltda. com base no modelo ABC tradicional

PASSO 9: Determinar <i>mix</i> de produtos através do modelo ABC tradicional			
Métrica econômica de decisão:		Lucro unitário (total) calculado na perspectiva do ABC	
	PRODUTO		
	X1	X2	X3
Lucro unitário (total)	R\$ 20,00	R\$ 44,36	R\$ 86,61
Ranking de prioridade de produção/venda	3°	2°	1°
Demanda (em unidades)	400.000	210.000	110.000
Uso do recurso limitante necessário para atender a demanda total (em horas)	200.000	210.000	220.000
Capacidade do recurso limitante (em horas)	200.000		
Realização de produtos de acordo com o ranking de prioridade (em unidades)	0	0	100.000
Utilização do recurso limitante (em horas)	0	0	200.000
Capacidade restante do recurso limitante (em horas)	200.000	200.000	0
Mix de Produtos (em unidades)	0	0	100.000

Fonte: Adaptado de Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011)

No Quadro 22, observa-se que o produto que apresenta o maior valor da métrica de decisão “lucro unitário (total)” é o produto X3 (1º lugar no *ranking*). Com isso, a produção do produto X3 deve ser priorizada em detrimento da produção de X2 (2º lugar no *ranking*) e de X1 (3º lugar no *ranking*). Porém, ao confrontarem a demanda pelo produto X3 (110.000 unidades) com o recurso de menor capacidade produtiva (200.000 horas de montagem), os gestores verificam que apenas 100.000 unidades do produto X3 poderiam ser produzidas.

Desta forma, com base no modelo do ABC tradicional, o *mix* de produtos do próximo período seria composto por apenas 100.000 produtos do tipo X3, sendo desprezada a produção dos produtos X2 e X1. Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) observam que, para respeitar as premissas do modelo ABC tradicional (KEE, 2001), tanto os custos indiretos flexíveis, como também os comprometidos, das atividades foram considerados no cálculo do custo unitário dos produtos.

4.2.1.10 Definição do Mix de Produtos Através do Modelo ABC Operacional

Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) expõem que, na sequência do exemplo didático da empresa XYZ Ltda. (passo 10), os gestores executam o procedimento para determinação do *mix* de produtos com base na heurística da TOC, como mostra o Quadro 23.

Quadro 23 - Determinação do *mix* de produtos da empresa XYZ Ltda. com base na heurística da TOC

PASSO 10: Determinar <i>mix</i> de produtos através do modelo / heurística da TOC			
Métrica econômica de decisão: Ganho unitário (<i>throughput</i>) calculado na perspectiva da TOC dividido pelo consumo unitário do recurso limitante			
	PRODUTO		
	X1	X2	X3
Preço de venda líquido	R\$ 61,00	R\$ 100,00	R\$ 190,00
Custo de material direto unitário (MDu)	R\$ 20,00	R\$ 20,00	R\$ 30,00
Ganho unitário (<i>throughput</i>)	R\$ 41,00	R\$ 80,00	R\$ 160,00
Consumo unitário da restrição (horas-máquina de Montagem por unidade)	0,5	1	2
Ganho unitário (<i>throughput</i>) por hora-máquina (<i>restrição</i>)	82,00	80,00	80,00
<i>Ranking</i> de prioridade de produção/venda	1°	2°	3°
Demanda (em unidades)	400.000	210.000	110.000
Uso do recurso limitante necessário para atender a demanda total (em horas)	200.000	210.000	220.000
Capacidade do recurso limitante (em horas)	200.000		
Realização de produtos de acordo com o ranking de prioridade (em unidades)	400.000	0	0
Utilização do recurso limitante (em horas)	200.000	0	0
Capacidade restante do recurso limitante (em horas)	0	0	0
Mix de Produtos (em unidades)	400.000	0	0

Fonte: Adaptado de Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011)

O Quadro 23 apresenta uma linha em que é determinado o “ganho unitário (*throughput*)” de cada produto que é igual ao preço de venda menos o custo de material direto, tal como advoga Goldratt (1990a). Ao se dividir o ganho unitário pelo consumo unitário do recurso limitante, tem-se a métrica que a TOC utiliza para definir o *mix* de produtos. Desta forma, de acordo com Saraiva Jr. (2010), a produção do produto X1 deve ser priorizada em detrimento da produção dos outros produtos, pois este apresenta o maior valor da métrica de decisão. Depois de findada a produção de todas as unidades demandas do produto X1, os gestores da empresa devem verificar se existe capacidade suficiente para manufaturar os produtos do tipo X2 (2º lugar no *ranking*) e X3 (3º lugar no *ranking*). No entanto, ao confrontarem a demanda do produto X1 (400.000 unidades) com o recurso de menor capacidade produtiva (200.000 horas de montagem), os gestores verificam que todas as 400.000 unidades do produto X3 poderiam ser produzidas e que não sobraria capacidade de montagem para manufaturar os demais produtos. Portanto, como base na heurística da TOC, o *mix* de produtos do próximo período seria composto por 400.000 produtos do tipo X1, não sendo considerada a produção dos produtos X2 e X3.

4.2.1.11 Resultados obtidos com os Modelos de Decisão de Mix de Produtos

De posse dos *mix* de produtos obtidos pela aplicação de cada um dos oito modelos de decisão, Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) indicam que os gestores precisam projetar o resultado esperado de cada *mix* em termos de lucro para a empresa para o período em análise (passo 11). O resultado pode ser expresso em

termos de lucro bruto, lucro operacional, lucro antes dos impostos sobre renda ou lucro líquido, adaptando aos termos de Assaf Neto (2007, p. 101), Abensur (2009, p. 27-28) e Gitman (2010, p. 41), dependendo das informações envolvidas com a modelagem realizada e do regime de tributação na qual está inserida. No caso da empresa XYZ Ltda, como não foram consideradas as despesas operacionais, os resultados não operacionais e os impostos incidentes sobre renda, o lucro esperado pode ser considerado como o lucro bruto anual. O Quadro 24 mostra os resultados obtidos com os modelos “ABC operacional”, “ABC com capacidade” e “ABC tradicional”.

Quadro 24 - Resultados anuais da empresa XYZ Ltda. obtidos com os modelos “ABC operacional”, “ABC com capacidade” e “ABC tradicional”

PASSO 11: Estimar resultado do período (ex: lucro bruto anual) obtido através de cada modelo de decisão							
		MODELO DE DECISÃO DE MIX DE PRODUTOS					
		ABC Operacional		ABC com Capacidade		ABC Tradicional	
		Produção (unidades)	Preço de Venda	Produção (unidades)	Preço de Venda	Produção (unidades)	Preço de Venda
	X1	400.000	R\$ 61,00	0	R\$ 61,00	0	R\$ 61,00
	X2	0	R\$ 100,00	200.000	R\$ 100,00	0	R\$ 100,00
	X3	0	R\$ 190,00	0	R\$ 190,00	100.000	R\$ 190,00
(1) RECEITA ESPERADA		R\$ 24.400.000,00		R\$ 20.000.000,00		R\$ 19.000.000,00	
CUSTOS ESPERADOS DE RECURSOS UTILIZADOS							
Custo total de material direto		R\$ 8.000.000,00		R\$ 4.000.000,00		R\$ 3.000.000,00	
Custo total de mão de obra direta		R\$ 3.200.000,00		R\$ 1.600.000,00		R\$ 400.000,00	
Custo indireto de Montagem (flexível)		R\$ 1.600.000,00		R\$ 1.600.000,00		R\$ 1.600.000,00	
Custo indireto de Montagem (comprometido)		R\$ 3.200.000,00		R\$ 3.200.000,00		R\$ 3.200.000,00	
Custo indireto de Setup (flexível)		R\$ 20.000,00		R\$ 25.000,00		R\$ 62.500,00	
Custo indireto de Setup (comprometido)		R\$ 180.000,00		R\$ 225.000,00		R\$ 562.500,00	
Custo indireto de Compra de Material (flexível)		R\$ 32.000,00		R\$ 100.000,00		R\$ 300.000,00	
Custo indireto de Compra de Material (comprometido)		R\$ 48.000,00		R\$ 150.000,00		R\$ 450.000,00	
Custo indireto de Engenharia (flexível)		R\$ 18.000,00		R\$ 36.000,00		R\$ 126.000,00	
Custo indireto de Engenharia (comprometido)		R\$ 102.000,00		R\$ 204.000,00		R\$ 714.000,00	
(2) TOTAL		R\$ 16.400.000,00		R\$ 11.140.000,00		R\$ 10.415.000,00	
(3) MARGEM BRUTA (RECURSOS UTILIZADOS) = (1) - (2)		R\$ 8.000.000,00		R\$ 8.860.000,00		R\$ 8.585.000,00	
CUSTOS ESPERADOS DE RECURSOS NÃO UTILIZADOS							
Custo total de material direto		R\$ 0,00		R\$ 0,00		R\$ 0,00	
Custo total de mão de obra direta		R\$ 2.176.000,00		R\$ 3.776.000,00		R\$ 4.976.000,00	
Custo indireto de Montagem (flexível)		R\$ 0,00		R\$ 0,00		R\$ 0,00	
Custo indireto de Montagem (comprometido)		R\$ 0,00		R\$ 0,00		R\$ 0,00	
Custo indireto de Setup (flexível)		R\$ 195.000,00		R\$ 190.000,00		R\$ 152.500,00	
Custo indireto de Setup (comprometido)		R\$ 1.755.000,00		R\$ 1.710.000,00		R\$ 1.372.500,00	
Custo indireto de Compra de Material (flexível)		R\$ 440.000,00		R\$ 372.000,00		R\$ 172.000,00	
Custo indireto de Compra de Material (comprometido)		R\$ 660.000,00		R\$ 558.000,00		R\$ 258.000,00	
Custo indireto de Engenharia (flexível)		R\$ 162.000,00		R\$ 144.000,00		R\$ 54.000,00	
Custo indireto de Engenharia (comprometido)		R\$ 918.000,00		R\$ 816.000,00		R\$ 306.000,00	
(4) TOTAL		R\$ 6.306.000,00		R\$ 7.566.000,00		R\$ 7.291.000,00	
(5) CUSTOS EVITÁVEIS (FLEXÍVEIS)		R\$ 797.000,00		R\$ 706.000,00		R\$ 378.500,00	
(6) LUCRO ESPERADO = (3) - (4) + (5)		R\$ 2.491.000,00		R\$ 2.000.000,00		R\$ 1.672.500,00	

Fonte: Adaptado de Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011)

No Quadro 24, a receita para cada modelo do ABC é calculada pela multiplicação do *mix* de produtos pelos preços de venda dos produtos. Tanto os custos indiretos das

quatro atividades, como também os custos de material direto e de mão de obra direta, são calculados a partir da multiplicação da quantidade dos produtos constantes nos *mix* pelos custos unitários (flexíveis e comprometidos) das atividades e pelos custos unitários de material direto e de mão de obra direta exibidos no Quadro 24. A soma desses custos representa os gastos que a empresa incorrerá com os recursos a serem efetivamente utilizados na produção do *mix* de produtos definido em cada modelo de decisão do ABC. No tocante aos custos dos recursos não utilizados na produção, Kee (2001, p. 149) argumenta que:

No curto prazo [ex: 1 ano, alinhando ao horizonte de tempo de "médio prazo" de Bahl, Taj e Corcoran (1991)], as atividades da empresa que não são recursos gargalos podem apresentar capacidade não utilizada que acarretam em custos adicionais para a empresa. O custo dos recursos não utilizados de uma atividade é dado pela sua capacidade não utilizada vezes a sua taxa do direcionador de custos comprometidos. Os recursos flexíveis são adquiridos conforme necessidade de produção. Portanto, os custos flexíveis de recursos não utilizados podem ser evitados.

Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) citam, como exemplo, o recurso “mão de obra direta” que é dotado de uma capacidade de 168.000 horas que representa um custo de comportamento comprometido de R\$ 5.376.000,00 para a empresa no período em análise. No caso do *mix* de produtos do modelo ABC operacional, os 400.000 produtos do tipo X1 consomem apenas 100.000 horas de mão de obra, o que acarreta uma capacidade de mão de obra não utilizada de 68.000 horas. Como cada hora de mão de obra equivale a R\$ 32,00, então o custo da capacidade não utilizada deste recurso é igual a R\$ 2.176.000,00.

Já a atividade “Preparação de Equipamento/*Setup*”, dotada de uma capacidade de 4.300 horas (parte flexível, parte comprometida), é requerida por apenas 400 horas pelos produtos X1 do *mix* do modelo ABC operacional, o que acarreta em uma capacidade não utilizada de 3.900 horas de *setup*. Como a taxa de direcionador de custos comprometidos dessa atividade é igual a R\$ 450,00 por hora de *setup*, então o custo de recursos não utilizados da atividade “*Setup*” é de R\$ 1.755.000.

Os custos indiretos referentes aos recursos não utilizados da atividade com comportamento flexível não representam gastos para a empresa, ou seja, são “custos flexíveis evitáveis”. No caso da atividade “Preparação de Equipamento/*Setup*”, os custos flexíveis evitáveis são valorados em R\$ 195.000,00, valor esse obtido pela multiplicação da taxa de direcionadores de custos flexíveis

(R\$ 50,00 por hora de setup) pelo número de horas de *setup* não utilizadas não produção das 400.000 unidades do produto X1 (3.900 horas de *setup*).

Os custos dos recursos não utilizados das atividades “Montagem”, “Compra de Material” e “Engenharia” são computados de maneira similar, considerando as premissas de cada modelo de decisão com base no ABC. Por fim, os custos dos recursos não utilizados (comprometidos) são subtraídos da margem bruta (receita de vendas menos custos dos recursos utilizados na produção) para se obter o lucro do período para cada modelo de decisão.

Seguindo a execução do passo 11, no estudo didático desenvolvido por Saraiva Jr. (2010) e divulgado por Saraiva Jr. e Costa (2011), os gestores calculam o resultado econômico do período utilizando os modelos de decisão de *mix* de produtos baseados no “custeio por absorção” e “custeio por absorção com capacidade”, como mostra o Quadro 25.

Quadro 25 - Resultados anuais obtidos com os modelos “custeio por absorção” e “custeio por absorção com capacidade”

		MODELO DE DECISÃO DE MIX DE PRODUTOS			
		Absorção		Absorção com Capacidade	
		Produção (unidades)	Preço de Venda	Produção (unidades)	Preço de Venda
	X1	0	R\$ 61,00	0	R\$ 61,00
	X2	0	R\$ 100,00	0	R\$ 100,00
	X3	100.000	R\$ 190,00	100.000	R\$ 190,00
(1) RECEITA ESPERADA		R\$ 19.000.000,00		R\$ 19.000.000,00	
CUSTOS ESPERADOS DE RECURSOS UTILIZADOS					
Custo total de material direto		R\$ 3.000.000,00		R\$ 3.000.000,00	
Custo total de mão de obra direta		R\$ 400.000,00		R\$ 400.000,00	
Custo indireto (flexível) = Taxa de rateio x horas de Montagem		R\$ 2.425.800,00		R\$ 2.425.800,00	
Custo indireto (comprometido) = Taxa de rateio x horas de Montagem		R\$ 6.904.200,00		R\$ 6.904.200,00	
(2) TOTAL		R\$ 12.730.000,00		R\$ 12.730.000,00	
(3) MARGEM BRUTA (RECURSOS UTILIZADOS) = (1) - (2)		R\$ 6.270.000,00		R\$ 6.270.000,00	
CUSTOS ESPERADOS DE RECURSOS NÃO UTILIZADOS					
Custo total de material direto		R\$ 0,00		R\$ 0,00	
Custo total de mão de obra direta		R\$ 4.976.000,00		R\$ 4.976.000,00	
Custo indireto (flexível) = Taxa de rateio x horas de Montagem		R\$ 0,00		R\$ 0,00	
Custo indireto (comprometido) = Taxa de rateio x horas de Montagem		R\$ 0,00		R\$ 0,00	
(4) TOTAL		R\$ 4.976.000,00		R\$ 4.976.000,00	
(5) CUSTOS EVITÁVEIS (FLEXÍVEIS)		R\$ 0,00		R\$ 0,00	
(6) LUCRO ESPERADO = (3) - (4) + (5)		R\$ 1.294.000,00		R\$ 1.294.000,00	

Fonte: Adaptado de Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011)

Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) ressaltam que as receitas e os custos de material direto e de mão de obra direta (utilizados na produção) exibidos no Quadro 25 são computados de forma idêntica aos valores exibidos no Quadro 24. Já os custos indiretos flexíveis e comprometidos são calculados pela multiplicação das

taxas de rateio de custos flexíveis e de custos comprometidos (respectivamente, R\$ 12,13 e R\$ 34,52 por hora-máquina de montagem) pelo total de horas-máquina consumida pelos produtos do *mix* definido.

Como exemplo, os custos indiretos flexíveis do *mix* de produtos definido pelo modelo do custeio por absorção totalizam R\$ 2.425.800,00, valor esse obtido pela multiplicação da taxa de rateio de custos indiretos flexíveis pelo consumo total de horas de montagem do produto X3 (2 horas por unidade $\times$ 100.000 unidades). A soma dos custos indiretos (flexíveis e comprometidos) com os custos diretos de material e de mão de obra direta perfaz o custo total de recursos utilizados na produção. Esse valor, quando subtraído da receita de vendas, resulta na margem bruta de lucro do período.

Para se chegar ao lucro do período, é debitado da margem de contribuição o total de custos comprometidos dos recursos não utilizados na produção (no caso, igual ao custo comprometido de mão de obra ociosa). Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) ressaltam que, como a base de rateio que os gestores utilizam é a hora-máquina de montagem e que esta é totalmente utilizada pelos produtos definidos nos *mix* dos dois modelos de decisão baseados no custeio por absorção, não são computados quaisquer custos indiretos de recursos não utilizados e são nulos os custos flexíveis evitáveis.

A execução do passo 11 segue com o cálculo do resultado econômico do período através do uso dos modelos de decisão de *mix* de produtos baseados no “custeio direto/variável” e no “custeio direto/variável com capacidade”, conforme explicam Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011). Os resultados obtidos são exibidos no Quadro 26.

Quadro 26 - Resultados anuais da empresa XYZ Ltda. obtidos com os modelos “custeio direto/variável” e “custeio direto/variável com capacidade”

		MODELO DE DECISÃO DE MIX DE PRODUTOS			
		Direto/Variável		Direto/Variável com Capacidade	
		Produção (unidades)	Preço de Venda	Produção (unidades)	Preço de Venda
	X1	0	R\$ 61,00	0	R\$ 61,00
	X2	0	R\$ 100,00	0	R\$ 100,00
	X3	100.000	R\$ 190,00	100.000	R\$ 190,00
(1) RECEITA ESPERADA		R\$ 19.000.000,00		R\$ 19.000.000,00	
CUSTOS ESPERADOS DE RECURSOS UTILIZADOS					
Custo total de material direto		R\$ 3.000.000,00		R\$ 3.000.000,00	
Custo total de mão de obra direta		R\$ 400.000,00		R\$ 400.000,00	
(2) TOTAL		R\$ 3.400.000,00		R\$ 3.400.000,00	
(3) MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO TOTAL = (1) - (2)		R\$ 15.600.000,00		R\$ 15.600.000,00	
(4) CUSTOS INDIRETOS - RECURSOS UTILIZADOS E NÃO UTILIZADOS		R\$ 9.330.000,00		R\$ 9.330.000,00	
(5) CUSTO DE MÃO DE OBRA DIRETA - RECURSOS NÃO UTILIZADOS		R\$ 4.976.000,00		R\$ 4.976.000,00	
(6) CUSTOS EVITÁVEIS (FLEXÍVEIS)		R\$ 0,00		R\$ 0,00	
(7) LUCRO ESPERADO = (3) - (4) - (5) + (6)		R\$ 1.294.000,00		R\$ 1.294.000,00	

Fonte: Adaptado de Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011)

As receitas e os custos de material direto e de mão de obra direta (utilizados na produção) exibidos no Quadro 26 são computados de forma idêntica aos valores exibidos no Quadro 25. Quando são subtraídos da receita de vendas os custos diretos do material e da mão de obra utilizada pelos itens produzidos previstos no *mix* de produtos, obtém-se a margem de contribuição total do período. Saraiva Jr. (2010) faz a observação de que os modelos de decisão baseados no custeio direto/variável diferenciam-se dos outros modelos por não considerar custos indiretos no cálculo dos custos dos produtos e determinação do *mix* de produtos.

Tanto os custos tidos como indiretos (tanto os de recursos utilizados, como os de recursos não utilizados na produção) nos modelos baseados no ABC e no custeio por absorção, como também os custos de mão de obra não utilizada na produção, são considerados como “despesas do período” pelo custeio direto/variável. O valor das despesas do período quando subtraído da margem de contribuição total, resulta no lucro do período. Coincidentemente, os lucros obtidos no Quadro 26 valoram-se identicamente aos apresentados no Quadro 25 (R\$ 1.294.000,00). No entanto, isso só ocorre neste exemplo didático porque tanto os *mix* de produtos determinados pela ótica do custeio por absorção, como também os determinados via custeio direto/variável, são iguais (100.000 unidades do produto X3).

Por fim, de acordo com Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011), os gestores completam a execução do passo 11 com o cálculo do lucro do período para o *mix* de

produtos gerado pela aplicação da “heurística da TOC”. O resultado obtido é apresentado no Quadro 27.

Quadro 27 - Resultado anual da empresa XYZ Ltda. obtido com a “heurística da TOC”

		MODELO DE DECISÃO DE MIX DE PRODUTOS	
		Heurística da Teoria das Restrições (TOC)	
		Produção (unidades)	Preço de Venda
		X1	400.000
X2	0	R\$ 100,00	
X3	0	R\$ 190,00	
(1) RECEITA ESPERADA		R\$ 24.400.000,00	
(2) CUSTO TOTAL DE MATERIAL DIRETO - RECURSOS UTILIZADOS		R\$ 8.000.000,00	
(3) GANHO (THROUGHPUT) TOTAL = (1) - (2)		R\$ 16.400.000,00	
DESPESAS OPERACIONAIS - RECURSOS UTILIZADOS E NÃO UTILIZADOS			
Custo total de mão de obra direta		R\$ 5.376.000,00	
Custos indiretos de fabricação		R\$ 9.330.000,00	
(4) TOTAL		R\$ 14.706.000,00	
(5) CUSTOS EVITÁVEIS (FLEXÍVEIS)		R\$ 0,00	
(6) LUCRO ESPERADO = (3) - (4) + (5)		R\$ 1.694.000,00	

Fonte: Adaptado de Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011)

Tanto as receitas, como também os custos de material direto (utilizados na produção) exibidos no Quadro 27, são computados a partir de um procedimento similar ao utilizado no Quadro 26. A diferença entre as receitas de venda e o total de custos de material direto utilizados na produção resulta no “ganho (*throughput*) total”. Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) ressaltam que, seguindo as premissas da TOC postuladas por Goldratt (1990a), outros custos tais como os indiretos e os de mão de obra direta não são considerados no cálculo do ganho total, pois são computados como “despesas operacionais” e tratados, *a priori*, como custos fixos do período.

Desta forma, para se chegar ao valor do lucro pelo modelo da TOC, são subtraídas do ganho total as despesas operacionais de mão de obra e de recursos indiretos. Vale observar que tanto os recursos utilizados, como também os não utilizados na produção (que não sejam de material) são debitados do ganho unitário para se determinar o lucro do período.

Depois de finalizados os cálculos dos resultados econômicos proporcionados por cada um dos oito modelos de decisão de *mix* de produtos (prospectados a partir da pesquisa bibliográfica), Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) sugerem que os gestores da empresa comparem os resultados obtidos para decidir qual modelo

adotar. A Figura 34 apresenta na forma de gráficos de barra os lucros líquidos obtidos com cada modelo.

Figura 34 – Resultados comparados da empresa XYZ Ltda. estimados com base nos modelos de decisão de *mix* de produtos

Fonte: Adaptado de Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011)

Com base na Figura 34, Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) concluem que o maior lucro é o gerado pelo modelo ABC operacional. Convém observar que a mesma conclusão é exibida pelo artigo de Kee (2001), porém o artigo analisa apenas os três modelos de decisão fundamentados no ABC. Desta forma, a consideração dos modelos baseados na TOC, no custeio por absorção e no custeio direto/variável na análise, foi um suplemento desenvolvido por Saraiva Jr. (2010), autor da corrente tese, e colocado para apreciação acadêmica no congresso por Saraiva Jr. e Costa (2011).

Como explicação para o maior lucro apresentado pelo modelo ABC operacional, tem-se o fato de o modelo considerar na métrica de decisão de *mix* de produtos apenas os custos diretos e flexíveis com a incorporação do consumo unitário do recurso com restrição de capacidade (KEE, 2001; SARAIVA JR., 2010; SARAIVA Jr.; COSTA, 2011). Além disso, a divisão dos custos das atividades em flexíveis e comprometidos faz com que sejam visualizados os recursos não utilizados na produção que podem ser evitados.

Quando comparado à heurística da TOC, por exemplo, o modelo ABC operacional é superior em pelo menos dois aspectos: (i) como no exemplo didático são considerados recursos indiretos de comportamento flexível, o modelo ABC operacional reflete estes recursos como custos incrementais, enquanto que o modelo da TOC não o faz por considerá-los, *a priori*, como despesas operacionais

(fixas) do período; e (ii) enquanto que o ABC operacional para decisões de curto prazo, nos termos de Kee (1995, 2011) e Kee e Schmidt (2000), e está alinhado conceitualmente com o ABC tradicional que é um modelo adequado para decisões de alocação de recursos no longo prazo por considerar que a capacidade produtiva pode ser ajustada, o modelo da TOC não está, elucida Saraiva Jr. (2010).

Uma explicação para o menor lucro proporcionado pelo ABC tradicional quando comparado aos outros dois modelos alicerçados no ABC, relaciona-se com a consideração ou não do consumo unitário de recurso limitante na determinação da métrica para determinação do *mix* de produtos. Enquanto que o modelo ABC tradicional não considera o consumo do recurso gargalo, os outros dois modelos do ABC o consideram, o que resulta em *mix* de produtos diferentes. Já o menor lucro obtido pelo modelo ABC com capacidade quando comparado ao obtido via modelo ABC operacional pode ser explicado pela consideração de custos indiretos comprometidos na determinação do lucro unitário.

O modelo ABC operacional, ao considerar apenas os custos flexíveis no cálculo do lucro unitário (quanto maior o lucro, melhor) e o consumo de recurso com restrição de capacidade (quanto menor o consumo, melhor), consegue refletir o real valor incremental que uma unidade produzida e vendida de um produto gera à empresa para esta abater os custos fixos e obter lucro. Já o ABC com capacidade, mesmo considerando o consumo de recurso limitante, insere no cálculo do lucro unitário os custos indiretos comprometidos das atividades que “mascaram”, de certa forma, o real valor incremental que um produto pode gerar para a empresa (KEE, 2001; SARAIVA JR., 2010; SARAIVA Jr.; COSTA, 2011).

No tocante aos resultados apresentados pelos modelos construídos à luz do custeio por absorção e do custeio variável, Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) argumentam que a não distribuição dos custos dos recursos indiretos em atividades e a consequente falta de compreensão da forma pela qual esses recursos são consumidos pelos produtos são as principais causas da obtenção de baixos valores de lucro quando comparados, por exemplo, ao resultado proporcionado pelo modelo ABC tradicional (mesmo *mix* de produtos). No exemplo didático, como o modelo do custeio por absorção estabelece que os recursos indiretos sejam alocados aos produtos por meio de uma base de rateio medida em horas-máquinas do processo de montagem, e que esse processo é totalmente utilizado pelos 100.000 produtos

X3 definidos pelo *mix*, então todos os recursos indiretos são considerados como “utilizados na produção”, tendo o custo integralmente debitado do lucro bruto.

De acordo com Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011), processo similar ocorre no modelo do custeio direto/variável por este não distribuir os custos às diversas atividades produtivas da empresa para identificar quais custos podem ser atribuídos de forma incremental aos produtos e quais não podem. Desta forma, todos os custos que são diferentes dos de material direto e de mão de obra direta são considerados como despesas do período e são integralmente debitados da margem de contribuição total para se calcular o lucro.

Apesar de os custos computados no modelo da TOC serem semelhantes aos custos dos modelos do custeio por absorção e do custeio direto/variável, o *mix* de produtos determinado pela métrica da TOC (200.000 unidades do produto X2) gera receitas consideravelmente superiores, o que explica o sobrepujado valor do lucro obtido pelo modelo da TOC. Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2011) ressaltam que não há diferenças entre os lucros líquidos gerados pelos modelos baseados no custeio por absorção e no custeio direto/variável devido ao fato de que estes coincidentemente geram, no exemplo didático, os mesmos *mix* de produtos, apesar de utilizarem diferentes métricas econômicas de decisão.

Com o intuito de preencher a lacuna teórica relativa a não existência de um modelo de decisão de *mix* de produtos sob a ótica do TDABC para operações de manufatura com uma única restrição de forma explícita na literatura, a próxima sessão apresenta o modelo proposto por Saraiva Jr (2010), ilustrando a sua utilização a partir de um exemplo didático inédito, porém similar ao trabalhado na corrente seção.

4.3 MODELO DE DECISÃO DE *MIX* DE PRODUTOS SOB A PERSPECTIVA DO TDABC PARA OPERAÇÕES COM UMA RESTRIÇÃO DO TIPO *HARD*

Tendo como objetivo incorporar o TDABC na decisão de *mix* de produtos no contexto de operações com apenas uma restrição, Saraiva Jr. (2010) propôs um modelo de decisão na forma de heurística, modelo este divulgado em língua inglesa por Saraiva Jr. e Costa (2010b). Nesse sentido, a corrente seção dedica-se a

apresentar o modelo de Saraiva Jr. (2010, p. 122-151) e Saraiva Jr. e Costa (2010, p. 9-18), juntamente com a aplicação do modelo através de um exemplo didático.

A pergunta que guiou a formulação do modelo de decisão de *mix* de produto proposto Saraiva Jr. (2010, p. 122) foi:

Dado que a capacidade produtiva é insuficiente para produzir todos os produtos exigidos pela demanda do mercado, como os recursos devem ser alocados à produção de tal forma que o resultado econômico (em termos de lucro líquido antes de impostos incidentes sobre renda) seja maximizado?

Convém ressaltar que o termo "lucro líquido" mencionado por Saraiva Jr. (2010) é utilizado para expressar o resultado que seria gerado pela empresa no período (ex: ano) como consequência da decisão de *mix* de produtos. Ainda, o uso do termo "lucro líquido" alinha-se com a terminologia utilizada por autores que publicaram estudos sobre decisão de *mix* de produtos, tais como Kee (2001) e Wang *et al.* (2009).

Entretanto, numa visão contábil, outras medidas de lucro podem ser apropriadas para projetar os resultados inerentes à decisão de *mix* de produtos, tais como o "lucro bruto", numa visão que abrange somente os custos, e o "lucro operacional", numa visão que abrange os custos e as despesas operacionais (ASSAF NETO, 2007; ABENSUR, 2009; GITMAN, 2009). Ainda, no caso brasileiro, por exemplo, a expressão do lucro é dependente do regime de tributação no qual a empresa está inserida, tais como Lucro Real, Lucro Presumido ou Simples Nacional. Uma estrutura simplificada de demonstração de resultados com diferentes expressões de lucro é apresentada na Figura 35.

Figura 35 - Estrutura simplificada de demonstração de resultado

RECEITA OPERACIONAL BRUTA	
(-) Deduções e impostos sobre vendas	
RECEITA OPERACIONAL LÍQUIDA	
(-) Custo dos produtos vendidos	
LUCRO BRUTO	
(-) Despesas com vendas	Despesas operacionais
(-) Despesas gerais e administrativas	
(-) Despesas financeiras	
(-) Outras despesas operacionais	
(+) Outras receitas operacionais	
LUCRO OPERACIONAL	
(+) Receitas não operacionais	
(-) Despesas não operacionais	
LUCRO ANTES DOS IMPOSTOS SOBRE RENDA	
(-) Provisão para impostos sobre renda	

(-) Participações estatutárias
LUCRO LÍQUIDO DO EXERCÍCIO

Fonte: Adaptado de Assaf Neto (2007), Abensur (2009) e Gitman (2010)

De forma consolidada, as suposições que perfizeram as condições de contorno para a construção do modelo de decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva do TDABC para operações com única restrição (SARAIVA JR., 2010; SARAIVA JR.; COSTA, 2010b) foram:

- i). A empresa manufatureira produz múltiplos produtos;
- ii). A demanda de cada produto é conhecida e dada no início do período/horizonte de planejamento da produção em análise;
- iii). O preço de venda de cada produto é ditado pelo mercado e é constante, sendo dado no início do período/horizonte de planejamento da produção em análise;
- iv). Cada tipo de produto utiliza proporções fixas de recursos (material direto, mão de obra direta, utilidades, etc.) e de atividades;
- v). Os custos dos recursos / atividades / departamentos podem ser segmentados em custos flexíveis e custos comprometidos;
- vi). A demanda de recursos produtivos para manufaturar todos os produtos no período é maior do que a capacidade produtiva da empresa;
- vii). A capacidade produtiva é limitada por apenas uma restrição;
- viii). O recurso ou departamento que limita a capacidade do sistema não pode ter sua capacidade de produção expandida durante o horizonte de planejamento (restrição tipo *hard*);
- ix). As informações sobre custos, preços de venda, demanda, consumo de recursos e sobre capacidade produtiva são dadas deterministicamente.

O modelo de decisão de *mix* de produtos de Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2010b) possui caráter quantitativo e tem como unidade de análise cada tipo de produto fornecido pela empresa manufatureira. No modelo, foram incorporadas premissas do ABC Operacional para propor a métrica econômica de decisão que serve para alicerçar a priorização dos produtos em termos de contribuição para a maximização da variável de desempenho, ou seja, do resultado projetado para a empresa mensurado em termos de lucro. Desta forma, o modelo de decisão de *mix*

de produtos sob a ótica do TDABC pode ser representado pela seguinte expressão matemática (SARAIVA JR., 2010; SARAIVA JR.; COSTA, 2010b):

$$MEDP_i^{TDABC} = \left(PV_i - \sum_{j=1}^N CRD_{i,j} - \sum_{k=1}^m \frac{CFD_k}{CP_k} CUD_{i,k} \right) / CURL_i$$

Onde:

i	índice do produto ($i = 1, 2, \dots, n$)
j	índice do recurso direto ($j = 1, 2, \dots, N$)
k	índice do departamento ($k = 1, 2, \dots, m$)
$MEDP_i^{TDABC}$	valor da métrica econômica de decisão (sob a perspectiva do TDABC) do produto do tipo i
PV_i	preço de venda líquido do produto do tipo i
CRD_j	custo do recurso direto/variável do tipo j utilizado no produto do tipo i
CFD_k	custo flexível estimado para o departamento k
CP_k	capacidade prática estimada para o departamento k
$CUD_{i,k}$	consumo unitário do produto do tipo i da capacidade do departamento k
$CURL_i$	consumo unitário que o produto do tipo i exige da capacidade do departamento ou recurso com limitação de capacidade (gargalo ou restrição do sistema)

Saraiva Jr. (2010, p.126) expõe que a métrica econômica de decisão do modelo de decisão de *mix* de produtos proposto sob a ótica do TDABC é denominada como "lucro unitário (flexível) calculado pelo TDABC dividido pelo consumo unitário do recurso limitante". Por sua vez, Saraiva Jr. e Costa (2010b, p. 16) denominam a métrica de forma similar como "lucro por unidade (flexível) calculada pelo TDABC dividido pelo consumo do recurso/departamento com a menor capacidade (restrição do sistema produtivo)", tradução livre de "*profit per unit (flexible) calculated by TDABC divided by the consumption of the resource/department with the lowest capacity (production system bottleneck)*". Convém observar que a denominação lucro unitário foi utilizada por Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2010b) para fins de alinhamento de terminologia com os trabalhos de Kee (1995; 2001) e Kee e Schmidt (2000).

Para se determinar o lucro unitário de um determinado tipo de produto, a medida de lucratividade deste, subtraem-se do preço de venda líquido, todos os custos diretos/variáveis e os *overheads* flexíveis. Os custos diretos/variáveis são os que

podem ser diretamente apropriados aos produtos e que variam com o volume de produção, tais como os de material direto, por exemplo.

Expandindo para uma lógica de gastos, podem ser também debitadas, do preço de venda líquido, as despesas variáveis que são diretamente relacionadas com o produto (ex: despesas com comissão de venda). Já os demais custos (ou gastos, incorporando as despesas de forma expandida) que não são classificados como diretos/variáveis, correspondem aos custos flexíveis de cada departamento direcionados aos produtos por meio da taxa do custo flexível da capacidade obtido sob a perspectiva do TDABC.

Convém ressaltar que a taxa do custo flexível da capacidade é resultado da divisão do custo flexível estimado para o departamento (CFD_k) pela capacidade prática estimada para o mesmo departamento (CP_k). É digno de nota, ainda, que consumo unitário do recurso limitante corresponde ao termo $CURL_i$ da expressão matemática apresentada e que o termo $CUD_{i,k}$ pode ser obtido a partir da utilização das equações de tempo do TDABC ou de forma direta (SARAIVA JR., 2010; SARAIVA JR.; COSTA, 2010b).

Para alicerçar a decisão de *mix* de produtos tendo em vista a maximização do lucro da empresa no período de planejamento, Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2010b) propõem a utilização da seguinte regra: quanto maior o valor da métrica econômica de decisão ($MEDP_i^{TDABC}$), maior prioridade de produção e venda deve ser dada ao produto. A determinação da quantidade exata a ser produzida de cada tipo de produto durante o horizonte de planejamento requer que a capacidade produtiva do recurso/departamento limitante do sistema produtivo seja levada em consideração.

Em suma, depois de findada a produção de todas as unidades demandadas do produto com a maior $MEDP_i^{TDABC}$, os gestores da empresa devem verificar se existe capacidade suficiente (recurso/departamento limitante) para manufaturar os produtos com menores $MEDP_i^{TDABC}$. Desta forma, pode-se quantificar o volume a ser produzido de cada tipo de produto, ou seja, determinar o *mix* dos produtos a serem produzidos e vendidos pela empresa ao longo do período/horizonte de planejamento.

Para se determinar o resultado econômico do período, Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2010b) sugerem que se calcule o lucro líquido (antes de impostos incidentes sobre venda) gerado pelo *mix* de produtos definido. Para tal, são considerados os seguintes valores: receita total; custos dos recursos diretos utilizados nos produtos; custos flexíveis e comprometidos da capacidade dos departamentos utilizada pelos produtos produzidos; e custos comprometidos da capacidade dos departamentos não utilizada pelos produtos produzidos.

Ressalta-se que os custos flexíveis da capacidade não utilizada não representam gastos para a empresa, pois podem ser evitados. Desta forma, o lucro do período calculado sob a égide do modelo de decisão de *mix* de produtos proposto pode ser representado pela seguinte expressão matemática (SARAIVA JR., 2010; SARAIVA JR.; COSTA, 2010b):

$$L_{MIX}^{TDABC} = \sum_{i=1}^n (QPV_i \times PV_i) - \sum_{j=1}^N CRDU_j - \sum_{k=1}^m (CFDU_k + CCDU_k + CCDNU_k)$$

Onde:

i	índice do produto ($i = 1, 2, \dots, n$)
j	índice do recurso direto ($j = 1, 2, \dots, N$)
k	índice do departamento ($k = 1, 2, \dots, m$)
L_{MIX}^{TDABC}	lucro projetado para a empresa gerado pelo <i>mix</i> de produtos definido com base no modelo de decisão proposto sob a perspectiva do TDABC
QPV_i	quantidade produzida e vendida do produto do tipo i constante no <i>mix</i> de produtos definido
PV_i	preço de venda líquido do produto do tipo i
$CRDU_j$	custo do recurso direto do tipo j utilizado na produção do <i>mix</i> de produtos
$CFDU_k$	custo flexível da capacidade do departamento k utilizada na produção do <i>mix</i> de produtos
$CCDU_k$	custo comprometido da capacidade do departamento k utilizada na produção do <i>mix</i> de produtos
$CCDNU_k$	custo comprometido da capacidade do departamento k não utilizada na produção do <i>mix</i> de produtos

4.3.1 Aplicação do Modelo de Saraiva Jr. (2010) na Decisão de *Mix* de Produtos da Empresa IJK Ltda

Na sequência da corrente seção, é apresentada a aplicação do modelo de decisão de *mix* de produtos de Saraiva Jr. (2010) através de um exemplo didático que envolve o processo de planejamento de uma empresa manufatureira do ramo metalmeccânico. O exemplo didático tem como base as proposições de Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr., Costa (2010b), sendo modelado através do *software* Microsoft Office Excel 2007[®]. Os gestores da empresa manufatureira de suportes metálicos IJK Ltda., ao conduzirem o processo de planejamento e orçamento da empresa, precisam decidir qual é o *mix* de produtos a ser produzido e vendido no próximo período (horizonte de um ano) que maximize o lucro (ex: operacional) tendo em vista que a capacidade produtiva da empresa não será capaz de suprir a demanda total solicitada para o período.

Vale ressaltar que, para fins de alinhamento com as proposições de Saraiva Jr (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2010b), e considerando algumas das condições de contorno apresentadas Kee (1995; 2001), Kee e Schmidt (2000); Wang, Du e Wen (2007) e Balakrishnan, Labro e Sivaramakrishnan (2012a; 2012b), o exemplo didático aqui exposto aborda uma situação hipotética em que são estabelecidas algumas suposições sobre o tipo de negócio e sobre processo produtivo da empresa em questão, tais como:

- Os gestores da empresa decidiram, *a priori*, adotar o TDABC como método/sistema de custeio;
- Para o próximo período/horizonte de planejamento da produção, prevê-se que a demanda ultrapassará a capacidade de fornecimento da empresa;
- A empresa possui restrições de capital para investir em novos equipamentos para ampliar a capacidade produtiva;
- O preço de cada produto é ditado pelo mercado e é constante durante o período/horizonte de produção em análise;
- Os produtos utilizam proporções fixas de recursos (ex: material direto e atividades), conferindo linearidade às funções de custos;
- Todos os equipamentos podem produzir qualquer tipo de produto mediante realização de *setup* (ajuste e troca de ferramentas);
- A matéria-prima e os demais materiais (ex: componentes de montagem, materiais secundários e embalagens) estão sempre disponíveis para fabricação dos produtos. Esta condição implica também que o cenário

proposto não considera a indisponibilidade de produção causada por fornecimentos externo de recursos (ex: água, energia elétrica, ar-comprimado, etc.).

- Os tempos de preparação de equipamento independem da sequência de produção e são constantes para cada tipo de produto;
- Os recursos utilizados na produção que representam mão de obra e *overheads* são agrupados na forma de custos departamentais (departamentos produtivos e departamentos auxiliares);
- A empresa não realiza a entrega dos produtos para os clientes.

A empresa IJK Ltda. opera com a produção e venda de três tipos de produtos (I, J e K), com quatro tipos de materiais diretos (*kit* básico de montagem em aço carbono, dispositivo de ajuste, dobradiça e tinta) e com quatro departamentos operacionais, sendo dois de produção (Pintura Eletrostática e Montagem) e dois de apoio/suporte/auxiliares (Preparação de Equipamento/*Setup* e Engenharia). O departamento de Preparação de Equipamento dedica-se à realização de *setups* dos equipamentos do departamento de Pintura Eletrostática. O departamento de Engenharia dedica-se a realizar estudos e implementar melhorias no processo produtivo de cada produto.

Para utilizarem o modelo de decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva do TDABC para ambientes de manufatura com uma restrição tipo *hard*, os gestores da empresa IJK Ltda. realizam um levantamento de informações referentes ao processo produtivo, aos custos, às despesas, à demanda do mercado e aos preços de venda dos produtos da empresa. Inicialmente, são reunidas informações sobre o comportamento e os valores dos custos de material direto e dos departamentos que carregam mão de obra e/ou *overhead*, além da capacidade produtiva dos departamentos da empresa. Os custos de material direto são considerados como variáveis e flexíveis para o período em análise.

Os demais custos da produção são totalizados em R\$ 4.170.000,00 (estimados para o período de um ano) e distribuídos pelos quatro departamentos envolvidos com as operações da empresa. Desse total, em cada departamento, os gestores avaliam que, com base nos contratos firmados e na legislação trabalhista vigente, 20% dos custos podem ser considerados como flexíveis (discricionários) e 80% dos

custos como comprometidos (não discricionários). Ainda, é projetado um gasto total anual de R\$ 1.200.000,00 a título de despesas operacionais que, no caso da empresa IJK Ltda., são comprometidos (não discricionários) no período.

São levantadas, ainda, informações sobre o consumo dos produtos em relação aos quatro tipos de material direto utilizados no processo produtivo. Vale ressaltar que a disponibilidade ou capacidade produtiva dos materiais diretos não possui limitações de fornecimento. Além disso, as atividades dos departamentos de Montagem e Pintura Eletrostática ocorrem em nível de unidade, as do departamento de Preparação de Equipamento/*Setup* ocorrem em nível de lote e as atividades do departamento de Engenharia ocorrem em nível de produto, nos termos de Cooper (1990), Cooper e Kaplan (1992), Kee e Schmidt (2000), Tsai e Lai (2007) e Wang *et al.* (2009).

Para facilitar a realização da modelagem para se estimar o *mix* de produtos para o próximo ano de operação da empresa IJK Ltda., supõe-se que os gestores da empresa organizaram as informações coletadas na forma de quadros que foram trabalhados a partir de planilhas eletrônicas. A Figura 36 apresenta a estrutura dos produtos de forma simplificada, destacando os coeficientes técnicos (nos termos de Costa, Ferreira e Saraiva Jr. (2010)) e o Quadro 28 apresenta, de forma integrada, informações coletadas sobre o custo e o consumo dos materiais diretos em relação a cada produto da empresa.

Figura 36 – Estrutura dos produtos da empresa IJK Ltda

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 28 – Informações sobre o custo e o consumo dos materiais diretos por produto da empresa IJK Ltda

		Produto					
		I		J		K	
Material Direto (MD)	Custo de aquisição do MD	Consumo	Custo	Consumo	Custo	Consumo	Custo
Kit básico de montagem em aço carbono	R\$ 30,00 por unidade	1 unidade	R\$ 30,00	1 unidade	R\$ 30,00	1 unidade	R\$ 30,00
Dispositivo de ajuste	R\$ 5,00 por unidade	-	-	1 unidade	R\$ 5,00	2 unidades	R\$ 10,00
Dobradiça	R\$ 2,00 por unidade	-	-	-	-	2 unidades	R\$ 4,00
Tinta	R\$ 15,00 por litro	0,2 litro	R\$ 3,00	0,4 litro	R\$ 6,00	0,4 litro	R\$ 6,00
Embalagem + Manual de uso	R\$ 2,00 por unidade	1 unidade	R\$ 2,00	1 unidade	R\$ 2,00	1 unidade	R\$ 2,00
Custo de MD unitário		R\$ 35,00		R\$ 43,00		R\$ 52,00	

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base em pesquisas de mercado, supõe-se que os gestores projetam para o período em análise os seguintes preços de venda líquidos por unidade: R\$ 50,00 para o produto A, R\$ 65,00 para o produto B e R\$ 70,00 para o produto C. Além disso, os gestores estimam a demanda anual esperada de 200.000 unidades para A, 160.000 unidades para B e 120.000 unidades para C, como mostra o Quadro 29.

Quadro 29 – Preço de venda e demanda anual da empresa IJK Ltda estimada para período em análise

	Produto		
	I	J	K
Demanda Esperada	200.000	160.000	120.000
Preço de Venda Líquido	R\$ 50,00	R\$ 65,00	R\$ 70,00

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.1.1 Cálculo do Custo e da Capacidade Prática dos Departamentos com Base no TDABC

Tendo em vista a determinação da taxa do custo da capacidade de cada departamento da empresa, os gestores quantificam e projetam o montante total de gastos que cada departamento deverá incorrer no ano em análise. Aqui cabe a observação de que os custos departamentais englobam gastos com mão de obra, supervisores, ocupação, utilidades, entre outros recursos que efetivamente são utilizados pelo departamento, de acordo com os construtos do TDABC (KAPLAN; ANDERSON, 2007a).

Vale observar, ainda, que o valor resultante é utilizado diretamente no numerador da fórmula de cálculo da taxa do custo da capacidade de cada departamento. Os Quadros 30, 31, 32, 33 e 34 apresentam o total anual de custos estimados para os departamentos de Pintura Eletrostática, Montagem, Preparação de Equipamento e Engenharia, respectivamente.

Quadro 30 – Custo anual estimado para o departamento de Pintura Eletrostática da empresa IJK Ltda

Cálculo do custo departamental na perspectiva do TDABC	
Departamento de Pintura Eletrostática	
salários, encargos sociais e benefícios mensais, em média, por operador de equipamento de pintura	R\$ 2.800,00
(x) quantidade de operadores de equipamento de pintura	12
(=) custo mensal com mão de obra de operadores de equipamento de pintura	R\$ 33.600,00
(+) { salários, encargos sociais e benefícios mensais por supervisor de produção	R\$ 4.000,00
(x) quantidade de supervisores de produção }	4
(=) custo mensal com mão de obra de supervisores	R\$ 16.000,00
(+) custo mensal de depreciação dos equipamentos de pintura	R\$ 50.000,00
(+) { área ocupada pelo departamento (em m²)	350
(÷) área total da planta produtiva (em m²)	1.000
(x) custo mensal de aluguel }	R\$ 10.000,00
(=) custo mensal de ocupação do departamento	R\$ 3.500,00
(+) custo mensal com suporte de informática	R\$ 500,00
(+) custo mensal com manutenção mecânica e elétrica	R\$ 6.000,00
(+) custo mensal com utilidades (ex: água, energia, ar-comprimido, etc.)	R\$ 12.000,00
(+) custo mensal com materiais de escritório (ex: papel, caneta, copos, bombonas de água, etc.)	R\$ 400,00
(+) custo mensal com consultores externos	R\$ 1.000,00
(=) custo mensal total do Departamento de Pintura	R\$ 123.000,00
(x) número de meses no ano	12
(=) custo anual total do departamento de Pintura	R\$ 1.476.000,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 31 – Custo anual estimado para o departamento de Montagem da empresa IJK Ltda

Cálculo do custo departamental na perspectiva do TDABC	
Departamento de Montagem	
salários, encargos sociais e benefícios mensais, em média, por operário	R\$ 2.000,00
(x) quantidade de operários	60
(=) custo mensal com mão de obra de operários	R\$ 120.000,00
(+) { salários, encargos sociais e benefícios mensais por supervisor de produção	R\$ 4.000,00
(x) quantidade de supervisores de produção }	8
(=) custo mensal com mão de obra de supervisores	R\$ 32.000,00
(+) custo mensal de depreciação de equipamentos do departamento (ex: computadores e ferramentas)	R\$ 3.000,00
(+) { área ocupada pelo departamento (em m²)	500
(÷) área total da planta produtiva (em m²)	1.000
(x) custo mensal de aluguel }	R\$ 15.000,00
(=) custo mensal de ocupação do departamento	R\$ 7.500,00
(+) custo mensal com suporte de informática	R\$ 500,00
(+) custo mensal com manutenção mecânica e elétrica	R\$ 2.000,00
(+) custo mensal com utilidades (ex: água, energia, ar-comprimido, etc.)	R\$ 4.000,00
(+) custo mensal com materiais de escritório (ex: papel, caneta, copos, bombonas de água, etc.)	R\$ 2.000,00
(+) custo mensal com consultores externos	R\$ 8.000,00
(=) custo mensal total do departamento de Montagem	R\$ 179.000,00
(x) número de meses no ano	12
(=) custo anual total do departamento de Montagem	R\$ 2.148.000,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 32 – Custo anual estimado para o departamento de Preparação de Equipamento/Setup da empresa IJK Ltda

Cálculo do custo departamental na perspectiva do TDABC	
Departamento de Preparação de Equipamento / Setup	
salários, encargos sociais e benefícios médios, em média, por preparador de equipamento	R\$ 2.000,00
(x) quantidade de preparadores de equipamento	4
(=) custo mensal com mão de obra de preparadores de equipamento	R\$ 8.000,00
(+) custo mensal de depreciação de equipamentos do departamento (ex: computadores e ferramentas)	R\$ 500,00
(+) { área ocupada pelo departamento (em m ²)	35
(÷) área total da planta produtiva (em m ²)	1.000
(x) custo mensal de aluguel }	R\$ 10.000,00
(=) custo mensal de ocupação do departamento	R\$ 350,00
(+) custo mensal com suporte de informática	R\$ 100,00
(+) custo mensal com manutenção mecânica e elétrica	R\$ 100,00
(+) custo mensal com utilidades (ex: água, energia, ar-comprimido, etc.)	R\$ 100,00
(+) custo mensal com materiais de escritório (ex: papel, caneta, copos, bombonas de água, etc.)	R\$ 200,00
(=) custo mensal total do Departamento de Preparação de Equipamento	R\$ 9.350,00
(x) número de meses no ano	12
(=) custo anual total do departamento de Preparação de Equipamento	R\$ 112.200,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 33 – Custo anual estimado para o departamento de Engenharia da empresa IJK Ltda

Cálculo do custo departamental na perspectiva do TDABC	
Departamento de Engenharia	
salários, encargos sociais e benefícios médios mensais, em média, por engenheiro	R\$ 11.000,00
(x) quantidade de engenheiros	3
(=) custo mensal com mão de obra de engenheiros	R\$ 33.000,00
(+) custo mensal com mão de obra dos estagiários em engenharia	R\$ 1.800,00
(+) custo mensal de depreciação de equipamentos do departamento (ex: computadores e ferramentas)	R\$ 500,00
(+) { área ocupada pelo departamento (em m ²)	15
(÷) área total da planta produtiva (em m ²)	1.000
(x) custo mensal de aluguel }	R\$ 10.000,00
(=) custo mensal de ocupação do departamento	R\$ 150,00
(+) custo mensal com suporte de informática	R\$ 200,00
(+) custo mensal com manutenção mecânica e elétrica	R\$ 100,00
(+) custo mensal com utilidades (ex: água, energia, ar-comprimido, etc.)	R\$ 200,00
(+) custo mensal com materiais de escritório (ex: papel, caneta, copos, bombonas de água, etc.)	R\$ 200,00
(=) custo mensal total do Departamento de Engenharia	R\$ 36.150,00
(x) número de meses no ano	12
(=) custo anual total do departamento de Engenharia	R\$ 433.800,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Para quantificar o denominador da fórmula de cálculo da taxa de custo da capacidade para cada departamento, de acordo com o modelo de Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr e Costa (2010), os gestores da empresa IJK Ltda., inicialmente, verificam em que tipo de processo a execução das atividades departamentais são baseadas. O departamento de Pintura Eletrostática é intensivo em capital, tendo sua capacidade prática mensurada em termos de tempo (minutos) de operação dos equipamentos/máquinas de pintura e cura/secagem. O departamento opera 3 conjuntos de equipamentos de pintura e cura/secagem da tinta em três turnos de oito horas de trabalho durante, normalmente, sete dias por semana e conta com uma força total de trabalho composta por 12 operadores e 4 supervisores produção.

Para se estimar a capacidade prática anual do departamento de Pintura Eletrostática, pode-se utilizar a lógica de cálculo do método OEE de forma aderente ao TDABC. Nesse sentido, os gestores da empresa IJK Ltda. estimam que, mensalmente, cada equipamento tem a produção interrompida por 12 horas para a realização de manutenção preventiva e por 20 horas para a realização de manutenção corretiva.

Ressalta-se que, para fins do corrente exemplo didático, considera-se que os equipamentos não incorrem em perdas (desperdício) de capacidade com o processamento de itens que não atendem às especificações técnicas de engenharia (produção de itens com problemas de qualidade). Para verificar o uso de índices de perdas de produção na decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva do OEE, consultar, por exemplo, Saraiva Jr., Rodrigues e Costa (2010). No Quadro 34, são apresentados os cálculos realizados para estimar a capacidade prática do departamento de Pintura Eletrostática com base no método OEE.

Quadro 34 – Capacidade prática anual estimada para o departamento de Pintura Eletrostática da empresa IJK Ltda

Cálculo da capacidade prática na perspectiva do TDABC	
Departamento de Pintura Eletrostática (em minutos de operação dos equipamentos)	
nº de dias no ano	365 dias
(-) feriados sem operação ao ano	5 dias
(=) dias disponíveis para produção	360 dias
(x) tempo nominal diário de processamento por equipamento	1.440 minutos
(=) tempo nominal anual de processamento por equipamento	518.400 minutos
(-) tempo estimado de manutenção preventiva no ano por equipamento	8.640 minutos
(-) tempo estimado de manutenção corretiva no ano por equipamento	14.400 minutos
(-) tempo estimado de preparação / setup de equipamento no ano	50.000 minutos
(-) tempo estimado de perdas por qualidade no ano por equipamento	0 minuto
(=) capacidade prática anual por equipamento	445.360 minutos
(x) quantidade de equipamentos do departamento de Pintura	3 equipamentos
(=) capacidade prática anual do departamento de Pintura	1.336.080 minutos

Fonte: Elaborado pelo autor

O departamento de Montagem é intensivo em mão de obra, tendo sua capacidade prática mensurada em termos de tempo (minutos) de trabalho dos operários. Convém observar que o departamento opera em dois turnos de oito horas de trabalho durante cinco dias por semana, normalmente, e conta com uma força total de trabalho composta por 60 operários e 8 supervisores produção. Construído sob a perspectiva do TDABC, nos termos de Kaplan e Anderson (2007a), Saraiva Jr.

(2010) e Saraiva Jr e Costa (2010), e tomando como base os procedimentos de Martins (2010) para o cálculo dos dias disponíveis da mão de obra para o trabalho, o Quadro 35 apresenta o cálculo da capacidade prática anual estimada para o departamento de Montagem.

Quadro 35 – Capacidade prática anual estimada para o departamento de Montagem da empresa IJK Ltda

Cálculo da capacidade prática na perspectiva do TDABC	
Departamento de Montagem (em minutos de trabalho de operários)	
nº de dias no ano	365 dias
(-) dias dos finais de semana sem operação ao ano (sábados e domingos)	98 dias
(-) feriados ao ano	10 dias
(-) férias ao ano	20 dias
(-) faltas ao ano	4 dias
(=) capacidade prática de trabalho no ano	233 dias
(x) { tempo disponível diário de trabalho por operários	480 minutos
(-) pausa diária no trabalho por montador }	70 minutos
(=) capacidade prática diária de trabalho por montador	410 minutos
(=) capacidade prática anual por operário	95.530 minutos
(x) quantidade de mão de obra do departamento de Montagem	60 operários
(=) capacidade prática anual do departamento de Montagem	5.731.800 minutos

Fonte: Elaborado pelo autor

Por também serem intensivos em mão de obra, os departamentos de Preparação de Equipamento/*Setup* e de Engenharia têm suas capacidades práticas mensuradas em termos de tempo (minutos) de trabalho dos 4 preparadores e dos 3 engenheiros, respectivamente. Os cálculos realizados com base no TDABC são apresentados nos Quadros 36 e 37.

Quadro 36 – Capacidade prática anual estimada para o departamento de Preparação de Equipamento/*Setup* da empresa IJK Ltda

Cálculo da capacidade prática na perspectiva do TDABC	
Departamento de Preparação de Equipamento/<i>Setup</i> (em minutos de trabalho de preparadores)	
nº de dias no ano	365 dias
(-) dias dos finais de semana sem operação ao ano (sábados e domingos)	98 dias
(-) feriados ao ano	10 dias
(-) férias ao ano	20 dias
(-) faltas ao ano	4 dias
(=) capacidade prática de trabalho no ano	233 dias
(x) { tempo disponível diário de trabalho por preparador	480 minutos
(-) pausa diária no trabalho por preparador }	70 minutos
(=) capacidade prática diária de trabalho por preparador	410 minutos
(=) capacidade prática anual por preparador	95.530 minutos
(x) quantidade de mão de obra do departamento de Preparação de Equipamento	4 preparadores
(=) capacidade prática anual do departamento de Preparação de Equipamento	382.120 minutos

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 37 – Capacidade prática anual estimada para o departamento de Engenharia da empresa IJK Ltda

Cálculo da capacidade prática na perspectiva do TDABC	
Departamento de Engenharia (em minutos de trabalho de engenheiros)	
nº de dias no ano	365 dias
(-) dias dos finais de semana sem operação ao ano (sábados e domingos)	98 dias
(-) feriados ao ano	10 dias
(-) férias ao ano	20 dias
(-) faltas ao ano	4 dias
(=) capacidade prática de trabalho no ano	233 dias
(x) { tempo disponível diário de trabalho por engenheiro	480 minutos
(-) pausa diária no trabalho por engenheiro }	70 minutos
(=) capacidade prática diária de trabalho por engenheiro	410 minutos
(=) capacidade prática anual por engenheiro	95.530 minutos
(x) quantidade de mão de obra do departamento de Engenharia	3 engenheiros
(=) capacidade prática anual do departamento de Engenharia	286.590 minutos

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.1.2 Construção da Equação de Tempo com Base no TDABC

De posse das estimativas que possibilitam o cálculo da taxa do custo da capacidade de cada departamento, são reunidas informações sobre o quanto cada unidade dos produtos consome da capacidade produtiva, de acordo com Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2010b). Inicialmente, são detalhadas as atividades que cada departamento de produção (Pintura Eletrostática e Montagem) realiza em nível de unidade, juntamente com o consumo de recursos destas em termos de tempo, como mostra o diagrama de processo ilustrado na Figura 37.

Figura 37 - Diagrama do processo produtivo (departamentos de produção) da empresa IJK Ltda.

Fonte: Elaborado pelo autor

O início do processo produtivo da empresa IJK Ltda dá-se com a aplicação da primeira camada/demão de tinta no *kit* básico de montagem, *kit* este adquirido de fornecedores já com o pré-tratamento necessário para realização da pintura eletrostática. Em seguida, ainda no departamento de Pintura, é realizada a secagem/cura da tinta aplicada. Caso seja necessário reforçar a pintura, uma segunda camada/demão de tinta é aplicada ao *kit* e secada/curada. Na sequência do processo, dá-se início à montagem do *kit*. O *kit* básico pode receber, dependendo do produto, a adição ou não de dispositivo(s) de ajuste e de dobradiça(s). Finalmente, o processo produtivo é encerrado com a embalagem do produto.

Com base no diagrama de processo produtivo apresentado e na estrutura proposta por Kaplan e Anderson (2010a, p. 38), é montado o Quadro 38 que faz referência às atividades básicas dos departamentos, aos direcionadores de cada atividade e aos tempos-padrão de cada atividade exposta na Figura 37.

Quadro 38 - Informações necessárias para a construção da equação de tempo do processo produtivo da empresa IJK Ltda.

Departamento	Atividade	Direcionadores-chave	Tempo
Pintura Eletrostática	Pintar <i>kit</i> básico	Realizar pintura do <i>kit</i> básico	0,5 minuto por pintura
	Curar/secar tinta	Realizar secagem da tinta	1,5 minuto por secagem
Montagem	Montar <i>kit</i> básico	Realizar montagem do <i>kit</i> básico	5 minutos
	Montar acessórios	Montar dispositivo de ajuste	3 minutos por item
		Montar dobradiça	3 minutos por item
	Embalar produto	Embalar produto	1 minuto

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base no Quadro 38 e na estrutura proposta por Kaplan e Anderson (2010a, p. 32), a equação de tempo para o processo produtivo da empresa IJK Ltda. pode ser expressa da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 \text{Tempo do processo produtivo (em minutos)} = & 0,5 \text{ aplicar primeira camada de tinta no kit} \\
 & + 0,5 \text{ (realizar pintura do kit básico)} \times n^{\circ} \text{ pinturas} \\
 & + 1,5 \text{ (realizar secagem do kit básico)} \times n^{\circ} \text{ secagens} \\
 & + 5 \text{ realizar montagem básica do kit} \\
 & + 3 \{ \text{se adicionar dispositivo de ajuste} \} \times n^{\circ} \text{ itens} \\
 & + 3 \{ \text{se adicionar dobradiça} \} \times n^{\circ} \text{ itens} \\
 & + 1 \text{ embalar produto}
 \end{aligned}$$

4.3.1.3 Cálculo da Taxa de Custo da Capacidade dos Departamentos com Base no TDABC

De posse da equação de tempo, conhecendo as atividades que cada produto consome dos departamentos produtivos e seguindo as proposições de Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2010b), os gestores conseguem quantificar o tempo total que cada produto consome das atividades dos departamentos. O Quadro 39 apresenta, por produto, o cálculo consolidado do consumo (em minutos) das atividades do departamento produtivo de Montagem, juntamente ao valor da taxa do custo da capacidade.

Quadro 39 - Consumo das atividades e taxa de custo da capacidade do departamento de Montagem da empresa IJK Ltda

Departamento	Produto		
Montagem (em nível de unidade)	I	J	K
· Realizar montagem do <i>kit</i> básico (em minutos)	5,0	5,0	5,0
· Montar dispositivo de ajuste (em minutos)	-	3,0	6,0
· Montar dobradiça (em minutos)	-	-	6,0
· Embalar produto (em minutos)	1,0	1,0	1,0
Consumo unitário da capacidade do departamento (em minutos)	6,0	9,0	18,0
	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
Custos do departamento	R\$ 2.148.000	R\$ 429.600	R\$ 1.718.400
Direcionador de custos = capacidade prática (em minutos de mão de obra de operários)	5.731.800		
Taxa do custo da capacidade	R\$ 0,375	R\$ 0,075	R\$ 0,300

Fonte: Elaborado pelo autor

No Quadro 39, o valor da taxa do custo da capacidade do departamento de Montagem é calculado pela divisão do custo estimado total (R\$2.148.000,00) pela capacidade prática total (5.731.800 minutos de mão de obra de operários/montadores), resultando em uma taxa de R\$ 0,375 por minuto de montagem. O custo total anual do departamento de Montagem é desagregado em dois componentes: flexível (20%) e comprometido (80%). O custo flexível e o custo comprometido são divididos pela capacidade prática do departamento, gerando, respectivamente, uma “taxa do custo flexível da capacidade” de R\$ 0,075 por minuto de montagem e uma “taxa do custo comprometido da capacidade” de R\$0,300 por minuto de montagem.

Ressalta-se que os valores das taxas calculadas através do *software* Microsoft Excel[®] são apresentados com arredondamento de três casas decimais, porém os valores realmente considerados na modelagem executada estão sem arredondamento. Procedimento similar é utilizado para determinar a taxa do custo (total, flexível e comprometido) da capacidade do departamento de Pintura Eletrostática, como mostra o Quadro 40.

Quadro 40 - Consumo das atividades e taxa de custo da capacidade do departamento de Pintura Eletrostática da empresa IJK Ltda

Departamento	Produto		
Pintura Eletrostática (em nível de unidade)	I	J	K
· Realizar pintura do kit básico (em minutos)	0,5	1,0	1,0
· Realizar secagem da tinta (em minutos)	1,5	3,0	3,0
Consumo unitário da capacidade do departamento (em minutos)	2,0	4,0	4,0
	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
Custos do departamento	R\$ 1.476.000	R\$ 295.200	R\$ 1.180.800
Direcionador de custos = capacidade prática (em minutos-máquina dos equipamentos de pintura)	1.336.080		
Taxa do custo da capacidade	R\$ 1,105	R\$ 0,221	R\$ 0,884

Fonte: Elaborado pelo autor

Os dados e cálculos necessários para a consecução da taxa do custo (total, flexível e comprometido) da capacidade do departamento de Preparação de Equipamento/*Setup* são apresentados no Quadro 41.

Quadro 41 - Consumo das atividades e taxa de custo da capacidade do departamento de Preparação de Equipamento/*Setup* da empresa IJK Ltda

Departamento	Produto		
Preparação de Equipamento / Setup (em nível de lote)	I	J	K
· Fazer preparação/ <i>setup</i> de equipamento (em minutos por lote)	120	150	150
Quantidade de produtos por lote	2.000	1.600	1.000
Consumo unitário da capacidade do departamento (em minutos)	0,060	0,094	0,150
	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
Custos do departamento	R\$ 112.200	R\$ 22.440	R\$ 89.760
Direcionador de custos = capacidade prática (em minutos de mão de obra de preparadores)	382.120		
Taxa do custo da capacidade	R\$ 0,294	R\$ 0,059	R\$ 0,235

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 41 revela que, para o produto I, 120 minutos de mão de obra de preparadores são necessários para realizar um *setup* de equipamento para processar um lote de 2.000 unidades. Desta forma, estima-se que cada unidade do produto I consome 0,060 minuto do departamento de Preparação de Equipamento. Lógica de cálculo semelhante é aplicada aos produtos J e K. Para se determinar a taxa do custo (total, flexível e comprometido) da capacidade do departamento de Preparação de Equipamento, divide-se o custo anual estimado (total, flexível e comprometido) pela capacidade prática do departamento, de acordo com Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2010b).

O Quadro 42 apresenta informações sobre consumo de capacidade e dados para o cálculo da taxa do custo (total, flexível e comprometido) da capacidade do departamento de Engenharia.

Quadro 42 - Consumo das atividades e taxa de custo da capacidade do departamento de Engenharia da empresa IJK Ltda

Departamento	Produto		
Engenharia (em nível de produto)	I	J	K
Realizar projetos de melhoria (em minutos por tipo de produto)	72.000	80.000	84.000
	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
Custos do departamento	R\$ 433.800	R\$ 86.760	R\$ 347.040
Direcionador de custos = capacidade prática (em minutos de mão de obra de engenheiros)	286.590		
Taxa do custo da capacidade	R\$ 1,514	R\$ 0,303	R\$ 1,211

Fonte: Elaborado pelo autor

Para o departamento de Engenharia (com ocorrência em nível de produto), estima-se que a produção de produtos do tipo I, J e K exige, respectivamente, o emprego de 72.000, 80.000 e 84.000 minutos de mão de obra de engenheiros para a realização de projetos de melhoria. A incidência dos custos do departamento de Engenharia em cada produto depende da decisão de se produzir determinado tipo de produto, independentemente da quantidade produzida. Por exemplo, caso se decida pela produção do produto do tipo I no horizonte de análise, os custos referentes às 72.000 horas de engenharia são direcionados ao produto I. O Quadro 42 expõe, ainda, que para se determinar a taxa do custo (total, flexível e comprometido) da capacidade do departamento de Engenharia, divide-se o custo anual estimado (total, flexível e comprometido) pela capacidade prática do departamento.

De posse das taxas do custo (total, flexível e comprometido) da capacidade dos departamentos, Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2010b) sugerem a operacionalização de quatro procedimentos sequenciais para o cálculo da medida de lucratividade dos produtos com base no TDABC, para a determinação do *mix* de produtos e para o cálculo do resultado esperado da empresa no período.

- Cálculo do lucro unitário flexível dos produtos com base no TDABC;
- Identificação da restrição do sistema produtivo;

- Definição do *mix* de produtos com base no modelo proposto sob a perspectiva do TDABC para operações com uma restrição do tipo *hard*;
- Projetar e analisar o resultado esperado (lucro operacional) da empresa para o horizonte de planejamento considerado.

4.3.14 Cálculo do Lucro Unitário Flexível dos Produtos com Base no TDABC

Os gestores da empresa IJK Ltda. passam a realizar cálculos para determinar a lucratividade de produtos tendo em vista a determinação da métrica econômica do modelo de decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva do TDABC proposto por Saraiva Jr. (2010). Primeiramente, são determinados o lucro unitário com base nos custos totais dos departamentos, o lucro unitário com base nos custos flexíveis e o lucro unitário com base nos custos comprometidos. Os custos de material direto são atribuídos diretamente para cada produto, enquanto que os custos dos departamentos são direcionados aos produtos através das taxas do custo da capacidade calculadas.

No caso do produto I, por exemplo, os custos direcionados (totais, flexíveis e comprometidos) do departamento de Montagem (em nível de unidade) são obtidos pela multiplicação das taxas dos custos totais, flexíveis e comprometidos da capacidade (R\$ 0,375, R\$ 0,075 e R\$ 0,300 por minuto de montagem, respectivamente) pelo tempo que uma unidade do produto I consome do departamento de Montagem (6 minutos), o que remete aos valores de R\$ 2,249 (custos totais do departamento), de R\$ 0,450 (custos flexíveis do departamento) e de R\$ 1,799 (custos comprometidos do departamento). Procedimento similar é realizado para direcionar custos totais, flexíveis e comprometidos do departamento de Pintura Eletrostática, unitariamente, aos produtos manufaturados pela empresa IJK Ltda.

No caso do departamento de Preparação de Equipamento/*Setup* (em nível de lote), tanto a taxa do custo total capacidade, como a do custo flexível e a do custo comprometido, são multiplicadas pelos minutos de *setup* requeridos para a produção de um lote de cada tipo de produto e divididas pelo tamanho (em unidades) do lote de produção para determinar o custo unitário de *setup* de cada tipo de produto. Por exemplo, o produto I necessita de 120 minutos de mão de obra de preparadores de

equipamento para produzir um lote de 2.000 unidades. Assim, seguindo os procedimentos sugeridos por Kee (2001), Saraiva Jr. (2010), Saraiva Jr. e Costa (2010b), os gestores da empresa IJK Ltda. calculam que os custos totais, flexíveis e comprometidos do departamento de Preparação de Equipamento a serem direcionados a uma unidade produzida do produto I são, respectivamente, aproximadamente iguais a R\$ 0,018 ($\text{R\$ } 0,294 \text{ por minuto de } \textit{setup} \times 120 \text{ minutos} \div 2.000 \text{ unidades}$), a R\$ 0,004 ($\text{R\$ } 0,059 \text{ por minuto de } \textit{setup} \times 120 \text{ minutos} \div 2.000 \text{ unidades}$) e a R\$ 0,014 ($\text{R\$ } 0,235 \text{ por minuto de } \textit{setup} \times 120 \text{ minutos} \div 2.000 \text{ unidades}$).

No caso do departamento de Engenharia, com ocorrência em nível de produto, tanto a taxa do custo total da capacidade, como a do custo flexível e a do custo comprometido, são multiplicadas pelo tempo requerido dos engenheiros para o projeto/melhoria de cada tipo de produto e divididas pela demanda esperada de cada produto (em unidades) para determinar o custo unitário de engenharia de cada tipo de produto. Por exemplo, o produto I necessita de 72.000 minutos de engenharia no período e possui uma demanda de 200.000 unidades estimada para o período. Desta forma, seguindo os procedimentos expostos por por Kee (2001), Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2010b), os gestores calculam que os custos totais, flexíveis e comprometidos de Engenharia a serem alocados a uma unidade produzida do produto I são, respectivamente, iguais a R\$ 0,545 ($\text{R\$ } 1,514 \text{ por minuto} \times 72.000 \text{ minutos} \div 200.000 \text{ unidades}$), a R\$ 0,109 ($\text{R\$ } 0,303 \text{ por minuto} \times 72.000 \text{ minutos} \div 200.000 \text{ unidades}$) e a R\$ 0,436 ($\text{R\$ } 1,241 \text{ por minuto} \times 72.000 \text{ minutos} \div 200.000 \text{ unidades}$).

De posse dos custos diretos e dos custos unitários direcionados dos departamentos, os gestores são possibilitados de realizar o cálculo do lucro unitário para cada tipo de produto com base do TDABC, com destaque ao lucro unitário flexível, como mostra o Quadro 43.

Quadro 43 - Cálculo do lucro unitário dos produtos da empresa IJK Ltda com base no TDABC

PASSO 1: Calcular o lucro unitário (flexível) dos produtos sob a perspectiva do TDABC									
ITEM (POR UNIDADE)	PRODUTO I			PRODUTO J			PRODUTO K		
	TOTAL	FLEXÍVEL	COMPROM.	TOTAL	FLEXÍVEL	COMPROM.	TOTAL	FLEXÍVEL	COMPROM.
(1) Preço de venda líquido		R\$ 50,00			R\$ 65,00			R\$ 70,00	
(2) Custo de material direto unitário	R\$ 35,00	R\$ 35,00	-	R\$ 43,00	R\$ 43,00	-	R\$ 52,00	R\$ 52,00	-
(3) Custo de Montagem (em nível de unidade)	R\$ 2,249	R\$ 0,450	R\$ 1,799	R\$ 3,373	R\$ 0,675	R\$ 2,698	R\$ 6,746	R\$ 1,349	R\$ 5,396
(4) Custo de Pintura (em nível de unidade)	R\$ 2,209	R\$ 0,442	R\$ 1,768	R\$ 4,419	R\$ 0,884	R\$ 3,535	R\$ 4,419	R\$ 0,884	R\$ 3,535
(5) Margem controlável unitária = (1) - (2) - (3) - (4)	-	R\$ 14,108	-	-	R\$ 20,442	-	-	R\$ 15,767	-
(6) Custo de Preparação de Equipamentos (em nível de lote)	R\$ 0,018	R\$ 0,004	R\$ 0,014	R\$ 0,028	R\$ 0,006	R\$ 0,022	R\$ 0,044	R\$ 0,009	R\$ 0,035
(7) Custo de Engenharia (em nível de produto)	R\$ 0,545	R\$ 0,109	R\$ 0,436	R\$ 0,757	R\$ 0,151	R\$ 0,605	R\$ 1,060	R\$ 0,212	R\$ 0,848
(8) Custo (gasto) unitário = (2) + (3) + (4) + (6) + (7)	R\$ 40,020	R\$ 36,004	R\$ 4,016	R\$ 51,576	R\$ 44,715	R\$ 6,861	R\$ 64,268	R\$ 54,454	R\$ 9,814
(9) Lucro unitário = (1) - (8)	R\$ 9,980	R\$ 13,996	R\$ 45,984	R\$ 13,424	R\$ 20,285	R\$ 58,139	R\$ 5,732	R\$ 15,546	R\$ 60,186

Fonte: Elaborado pelo autor

Convém observar que, no Quadro 43, faz-se o uso dos termos "margem controlável" (unitária), adaptando aos termos "*controllable margin*" explicitados por Balakrishnan, Labro e Sivaramakrishnan (2012, p. 38) como resultado da diferença entre o preço de venda líquido e os custos flexíveis em nível de unidade (material direto unitário e custos flexíveis dos departamentos em nível de unidade). Para aclarar o significado dos termos supracitados, segue o exemplo exposto por Balakrishnan, Labro e Sivaramakrishnan (2012, p. 37-38) no contexto da proposição conceitual preliminar que os referidos autores fazem de um sistema de custeio combinado (do inglês *blended system*) integrando o TDABC, o RCA (do inglês *resource consumption accounting*), a Teoria das Restrições e o conceito de controle gerencial sobre a capacidade dos recursos produtivos.

O sistema combinado pode ser facilmente ligado à Teoria das Restrições porque capta o consumo de recursos, tanto em termos financeiros como não financeiros. Por exemplo, suponha que o Produto A tem uma margem de contribuição de \$20 por unidade. Cada unidade consome 30 minutos da capacidade do recurso C1 (custo: \$10 por hora) e 15 minutos do recurso C2 (custo: \$30 por hora). Os números relevantes para o produto B são uma contribuição de \$ 15 por unidade, 1 hora em C1, e 10 minutos em C2. Além disso, suponha que a capacidade de C1 é controlável em meses, enquanto que a capacidade de C2 leva anos para ajustar. Agora, considere uma decisão cujo horizonte é de um ano, o que significa que a capacidade de C2 é fixa [comprometida] para esta decisão. Se esse recurso é uma restrição do tipo *hard*, a escolha entre o Produto A e o Produto B depende da margem controlável por unidade do recurso limitante. Para o Produto A, o montante em questão é $(\$20 - \$5)/15 \text{ minutos} = \$1 \text{ por minuto de C2}$; um cálculo semelhante para o Produto B gera uma margem de $(\$15 - \$10)/10 \text{ minutos} = \$0,50 \text{ por minuto de C2}$.

4.3.1.5 Identificação da Restrição do Sistema Produtivo

Para se determinar a métrica de decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva do TDABC para operações com uma restrição do tipo *hard*, Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2010b) sugerem que os gestores passem estudar o processo produtivo

da empresa com vistas à identificação do departamento que representa a restrição do sistema produtivo. Para tal, no caso da empresa IJK Ltda., foram confrontadas as estimativas de consumo anual dos produtos demandados (capacidade requerida) com a disponibilidade dos departamentos em termos de capacidade (capacidade disponibilizada), como mostra o Quadro 44.

Quadro 44 – Identificação da restrição do processo produtivo da empresa IJK Ltda.

PASSO 2: Identificar a restrição do sistema produtivo									
		Montagem (em minutos de operadores)		Pintura (em minutos-máquina)		Setup (em minutos de preparadores)		Engenharia (em minutos de engenheiros)	
Produto	Demanda	Cons. Unit.	Cons. Total	Cons. Unit.	Cons. Total	Cons. Unit.	Cons. Total	Cons. Unit.	Cons. Total
I	200.000	6,00	1.200.000	2,00	400.000	0,06	12.000	0,36	72.000
J	160.000	9,00	1.440.000	4,00	640.000	0,09	15.000	0,50	80.000
K	120.000	18,00	2.160.000	4,00	480.000	0,15	18.000	0,70	84.000
(1) Capacidade requerida		4.800.000		1.520.000		45.000		236.000	
(2) Capacidade disponibilizada		5.731.800		1.336.080		382.120		286.590	
(2) - (1) Excesso (ou falta) de capacidade		931.800		-183.920		337.120		50.590	
É uma restrição?		Não		Sim		Não		Não	

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base no Quadro 44, os gestores estimam que a capacidade de toda a planta produtiva da empresa IJK Ltda. para o ano em análise estará limitada à capacidade de produção disponibilizada pelo departamento de Pintura Eletrostática (1.336.080 minutos-máquina).

4.3.1.6 Definição do mix de produtos

Para se determinar a métrica econômica para auxiliar a decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva do TDABC ($MEDP_i^{TDABC}$), de acordo com Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2010b), os gestores da empresa IJK Ltda. devem estimar o tempo que cada produto, unitariamente, consume dos equipamentos de pintura eletrostática. O Quadro 45 apresenta o cálculo da $MEDP_i^{TDABC}$ e do *mix* de produtos resultante.

Quadro 45 - Definição do *mix* de produtos da empresa IJK Ltda com base no modelo de decisão baseado no TDABC para operações com uma restrição do tipo *hard*

PASSO 3: Determinar o <i>mix</i> de produtos com base no modelo proposto por Saraiva Jr. (2010) sob a perspectiva do TDABC para operações com uma restrição do tipo <i>hard</i>			
Métrica econômica de decisão: <i>Lucro unitário (flexível) calculado pelo TDABC dividido pelo consumo unitário do recurso limitante</i>			
	PRODUTO		
	I	J	K
Lucro unitário (flexível)	R\$ 13,996	R\$ 20,285	R\$ 15,546
Consumo unitário do recurso limitante (minutos-máquina de pintura por unidade)	2,0	4,0	4,0
MEDP _i = Lucro unitário flexível por minuto-máquina (<i>restrição - Pintura Eletrostática</i>)	R\$ 6,998	R\$ 5,071	R\$ 3,887
<i>Ranking</i> de prioridade de produção/venda	1°	2°	3°
Demanda (em unidades)	200.000	160.000	120.000
Uso do recurso limitante necessário para atender a demanda total (em minutos)	400.000	640.000	480.000
Capacidade do recurso limitante (em minutos)	1.336.080		
Realização de produtos de acordo com o <i>ranking</i> de prioridade (em unidades)	200.000	160.000	74.020
Utilização do recurso limitante (em minutos)	400.000	640.000	296.080
Capacidade restante do recurso limitante (em minutos)	936.080	296.080	0
Mix de produtos (em unidades)	200.000	160.000	74.020

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base no Quadro 45, pode-se observar que o produto que apresenta o maior valor da métrica de decisão ($MEDP_i^{TDABC}$) “lucro unitário (flexível) calculado pelo TDABC dividido pelo consumo unitário do recurso limitante” é o produto I (1º lugar no *ranking* de prioridade de produção/venda). Para respeitar as premissas do modelo de decisão proposto sob a ótica do TDABC Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2010b), (semelhantes às do modelo ABC operacional proposto por Kee (2001)), apenas os custos flexíveis dos departamentos são considerados no cálculo do custo unitário dos produtos e, conseqüentemente, no cálculo do lucro unitário flexível (medida de lucratividade por unidade dos produtos).

Ainda com base no modelo de decisão de *mix* de produtos proposto por Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2010b), a produção do produto I deve ser priorizada em detrimento da produção dos outros produtos. Assim, depois de findada a produção de todas as unidades demandadas do produto I, os gestores da empresa devem verificar se existe capacidade suficiente para manufaturar os produtos do tipo J (2º lugar no *ranking*) e K (3º lugar no *ranking*).

Nesse sentido, ao confrontarem a demanda do produto I (200.000 unidades) com o recurso de menor capacidade produtiva (1.336.080 minutos-máquina do departamento de Pintura Eletrostática), os gestores verificam que todas as 200.000 unidades do produto I poderiam ser produzidas e que sobrariam 936.080 minutos-máquina de capacidade para a pintura/cura dos demais produtos. Ao confrontarem a capacidade restante com a demanda esperada do produto posicionado em 2º lugar no *ranking* de prioridade (J), os gestores constatam que todas as 160.000 unidades de B poderiam ser produzidas e que sobrariam 296.080 minutos-máquina de

capacidade produtiva do departamento de Pintura Eletrostática para processar os produtos do tipo K. Desta forma, o *mix* de produtos do próximo período seria composto por 200.000 produtos do tipo I, 160.000 produtos do tipo J e 74.020 produtos do tipo K.

4.3.1.7 Projeção e Análise do Resultado Esperado da Empresa Obtido Através do Mix de Produtos Definido

De posse *mix* de produtos definido através da aplicação modelo de decisão sob a perspectiva do TDABC, Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2010b) sugerem que os gestores projetem o resultado esperado da empresa, em termos de lucro (ex: operacional), para o período em análise. O Quadro 46 apresenta os resultados obtidos.

Quadro 46 - Resultado esperado da empresa IJK Ltda. para o próximo período (ano)

PASSO 4: Determinar o resultado esperado para a empresa no período			
	Modelo TDABC (uma restrição)		
	Produto	Produção (unidades)	Preço de Venda
	I	200.000	R\$ 50,00
	J	160.000	R\$ 65,00
	K	74.020	R\$ 70,00
(1) RECEITA LÍQUIDA ESPERADA		R\$ 25.581.400,00	
CUSTOS ESPERADOS DA CAPACIDADE UTILIZADA			
Custo total de material direto		R\$ 17.729.040,00	
Custo de Montagem (flexível)		R\$ 297.729,48	
Custo de Montagem (comprometido)		R\$ 1.190.917,94	
Custo de Pintura Eletrostática (flexível)		R\$ 295.200,00	
Custo de Pintura Eletrostática (comprometido)		R\$ 1.180.800,00	
Custo de Preparação de Equipamento/Setup (flexível)		R\$ 2.246,23	
Custo de Preparação de Equipamento/Setup (comprometido)		R\$ 8.984,93	
Custo de Engenharia (flexível)		R\$ 71.444,78	
Custo de Engenharia (comprometido)		R\$ 285.779,13	
	(2) TOTAL	R\$ 21.062.142,49	
(3) MARGEM APÓS CUSTOS DA CAPACIDADE UTILIZADA = (1) - (2)		R\$ 4.519.257,51	
CUSTOS ESPERADOS DA CAPACIDADE NÃO UTILIZADA			
Custo total de material direto		R\$ 0,00	
Custo de Montagem (flexível)		R\$ 131.870,52	
Custo de Montagem (comprometido)		R\$ 527.482,06	
Custo de Pintura Eletrostática (flexível)		R\$ 0,00	
Custo de Pintura Eletrostática (comprometido)		R\$ 0,00	
Custo de Preparação de Equipamento/Setup (flexível)		R\$ 20.193,77	
Custo de Preparação de Equipamento/Setup (comprometido)		R\$ 80.775,07	
Custo de Engenharia (flexível)		R\$ 15.315,22	
Custo de Engenharia (comprometido)		R\$ 61.260,87	
	(4) TOTAL	R\$ 836.897,51	
(5) CUSTOS EVITÁVEIS (FLEXÍVEIS)		R\$ 167.379,50	
(6) DESPESAS OPERACIONAIS		R\$ 1.200.000,00	
(7) LUCRO ESPERADO = (3) - (4) + (5) - (6)		R\$ 2.649.739,50	

Fonte: Elaborado pelo autor

No Quadro 46, a receita líquida esperada (anual) é calculada pela multiplicação das quantidades projetadas do *mix* de produtos pelos preços de venda líquidos dos produtos. Tanto os custos dos quatro departamentos, como também os custos de material direto, são calculados a partir da multiplicação da quantidade dos produtos constantes no *mix* pelos custos unitários (flexíveis e comprometidos) dos departamentos e pelos custos unitários de material direto. A soma desses custos representa os gastos que a empresa incorreria com os recursos a serem

efetivamente utilizados na produção do *mix* de produtos definido pelo modelo de decisão proposto por Saraiva Jr. (2010).

No tocante aos custos dos recursos não utilizados na produção, Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2010b), com base em Kee e Schimdt (2000) e Kee (2011), pontuam que apenas os custos comprometidos (determinados matematicamente pela multiplicação da capacidade não utilizada dos departamentos pela taxa do custo comprometido da capacidade de cada departamento) seriam efetivamente confrontados com as receitas, representando gastos para a empresa. Por sua vez, os custos flexíveis de recursos não utilizados não representam gastos para a empresa, ou seja, seriam custos evitáveis.

Para facilitar o entendimento dos cálculos dos custos flexíveis e comprometidos relativos tanto aos recursos utilizados, como também pelos recursos não utilizados pelo *mix* de produtos, o Quadro 47 apresenta o consumo estimado anual da capacidade dos departamentos produtivos que seria requerido pelo *mix* de produtos definido para a empresa IJK Ltda.

Quadro 47 - Consumo anual de recursos requerido pelo *mix* de produtos da empresa IJK Ltda

		Consumo estimado dos recursos produtivos pelo <i>mix</i> de produtos (em minutos)			
		Departamento de Montagem	Departamento de Pintura Eletrostática	Departamento de Preparação de Equipamento/Setup	Departamento de Engenharia
<i>Mix</i> de produtos					
I	200.000	1.200.000	400.000	12.000	72.000
J	160.000	1.440.000	640.000	15.000	80.000
K	74.020	1.332.360	296.080	11.250	84.000
(1) Capacidade requerida		3.972.360	1.336.080	38.250	236.000
(2) Capacidade disponibilizada		5.731.800	1.336.080	382.120	286.590
(2) - (1) Capacidade não utilizada		1.759.440	0	343.870	50.590

Fonte: Elaborado pelo autor

Inicialmente, pode ser utilizado como exemplo para se entender os cálculos apresentados no Quadro 47 o departamento de Montagem, que é dotado de uma capacidade prática de 5.731.800 minutos e que representa um custo de comportamento comprometido de R\$ 1.718.400,00 para a empresa no período em análise. Da capacidade prática disponibilizada, o *mix* de produtos definido sob a perspectiva do TDABC consumiria apenas 3.972.360 minutos do departamento de Montagem, o que acarretaria uma capacidade não utilizada de 1.759.440 minutos. Como a taxa do custo comprometido da capacidade do departamento de Montagem equivale a R\$ 0,300, então o custo da capacidade comprometida não utilizada deste

departamento seria igual a R\$ 527.482,06, de acordo com os cálculos realizados através do *software* Microsoft Excel® sem arredondamentos dos valores.

Por outro lado, como a taxa do custo flexível da capacidade do departamento de Montagem equivale a R\$ 0,075, então o custo flexível da capacidade não utilizada deste departamento que pode ser evitado seria igual a R\$ 131.870,52. Procedimento de cálculo similar aplicar-se-ia ao departamento de Pintura Eletrostática caso este apresentasse capacidade não utilizada.

O departamento de Preparação de Equipamento/*Setup*, dotado de uma capacidade de 382.120 minutos, seria requerido por apenas 38.250 minutos pelos produtos I, J e K do *mix* estabelecido com base no do modelo TDABC, o que acarretaria em uma capacidade não utilizada de 343.870 minutos. Como a taxa do custo comprometido da capacidade desse departamento é igual a R\$ 0,235 (arredondado para três casas decimais) por minuto de *setup*, então o custo dos recursos comprometidos não utilizados do departamento de Preparação de Equipamento seria de R\$ 80.775,07.

Por sua vez, os custos flexíveis evitáveis seriam valorados em R\$ 20.193,77, valor esse obtido pela multiplicação da taxa do custo flexível da capacidade (R\$ 0,059 por minuto de *setup*) pela quantidade de minutos do departamento de Preparação de Equipamento não utilizada na produção do *mix* de produtos (343.870 minutos de *setup*). Os custos dos recursos não utilizados dos departamentos de Engenharia são computados de maneira similar, considerando as premissas do modelo de decisão fundamentando no TDABC.

Desta forma, de acordo com as proposições de Kee e Schimdt (2000), Kee (2011), Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr. e Costa (2010b), os custos flexíveis e comprometidos relativos aos recursos utilizados pelo *mix* de produtos da empresa são subtraídos da receita líquida anual para se obter a "margem" da empresa. Desta margem calculada, são subtraídos apenas os custos comprometidos relativos aos recursos não utilizados pelo *mix* de produtos e as despesas operacionais para, finalmente, se obter o resultado estimado da empresa para o período em análise. No caso da empresa IJK Ltda., por exemplo, o resultado apresentado no Quadro 46 seria expresso em termos de lucro operacional, sendo estimado em R\$ 2.649.739,50 para o horizonte analisado (1 ano).

4.4 ESTUDOS SOBRE DECISÃO DE *MIX* DE PRODUTOS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS BRASILEIROS

De forma complementar, foi realizada uma pesquisa na base de dados Scielo tendo como tempo limite o dia 01 de setembro de 2014. Foram digitadas as palavras “*mix* de produtos”, “product *mix*” e “*mix* de produção”, por exemplo. Como resultado, foram prospectadas 31 publicações acadêmicas com potencial de contribuição para o tema decisão de *mix* de produtos e veiculadas em periódicos brasileiros.

Após análise do título, do resumo, das palavras-chave, do periódico de veiculação e, em alguns casos, do texto completo de cada artigo, foi verificado que 8 deles possuíam foco de contribuição teórica realmente concentrado no campo da decisão de *mix* de produtos e estavam veiculados em periódicos brasileiros do campo da Engenharia de Produção / Gestão de Operações ou da Contabilidade Gerencial. Após analisar as referências dos artigos inicialmente identificados, foram encontrados outros 2 artigos, totalizando 10 artigos sobre decisão de *mix* de produtos.

Convém observar que todos os artigos prospectados trataram de discussões conceituais e aplicações (estudos de casos didáticos e reais) tendo como principal arcabouço teórico a Teoria das Restrições / Contabilidade de Ganhos.

Os artigos prospectados abordaram a TOC na decisão de *mix* produtos no contexto: dos (i) métodos de custeio tais como custeio direto/variável, ABC e custeio por absorção (ex: MARQUES; CIA, 1998; CASSEL; ANTUNES JR.; OENNING, 2006; SINISGALLI; URBINA; ALVES, 2009; SARAIVA JR.; RODRIGUES; SAMPAIO, 2007; CAVALCANTI; OLIVEIRA; CATAI, 2012); do (ii) GECON (ex: GUERREIRO, 1996); da (iii) produção enxuta (ex: QUEIROZ; RENTES, 2010; PERGHER; RODRIGUES; LACERDA, 2011); do (iv) problema da mochila (SOBREIRO; NAGANO (2013)); e da (v) modelagem probabilística e simulação de Monte Carlo (SARAIVA JR.; RODRIGUES; COSTA, 2010).

Nesse sentido, considerando a pequena quantidade de publicações sobre o tema decisão de *mix* de produtos veiculadas em periódicos brasileiros quando comparado à publicação internacional, entende-se que ainda há uma avenida de possibilidades de pesquisas a serem exploradas no Brasil sobre o tema supracitado.

5 PROPOSIÇÃO DO MODELO TDABC DE DECISÃO DE *MIX* DE PRODUTOS

Neste capítulo, inicialmente, são apresentadas as condições de contorno e os pressupostos que balizam a proposição do modelo. Em seguida, a proposição do modelo de decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva do TDABC é formalizada na forma de um modelo de programação linear inteira. A operacionalização do modelo é realizada na sequência do capítulo com a apresentação de um exemplo didático envolvendo uma operação de manufatura. No exemplo didático, são descritas as etapas necessárias para estruturar os parâmetros, as variáveis de decisão, a função objetivo e as restrições com vistas à resolução do problema de decisão de *mix* de produtos através do modelo proposto. Os resultados da aplicação do modelo são discutidas na seção seguinte e o capítulo é encerrado com a análise crítica acerca do modelo proposto.

5.1 CONDIÇÕES DE CONTORNO DO MODELO A SER PROPOSTO

Tendo como pilar básico o ineditismo e de forma a dar continuidade à pesquisa iniciada por Saraiva Jr. (2007) e aprofundada por Saraiva Jr. (2010), Saraiva Jr. e Costa (2010), e Saraiva Jr. e Costa (2011), a pergunta que guia a formulação do modelo a ser proposto na corrente tese para auxiliar a decisão de *mix* de produtos pode ser explicitada da seguinte forma: em um ambiente de manufatura com múltiplas restrições do tipo *hard* em que a capacidade produtiva é insuficiente para produzir todos os produtos exigidos pela demanda do mercado, como os recursos devem ser alocados à produção de tal forma que o resultado em termos de lucro (ex: lucro operacional) seja maximizado sob a perspectiva do TDABC? De forma geral, os elementos conceituais e as condições de contorno que compõem o modelo de decisão de *mix* de produtos a ser proposto na tese são representados no *framework* apresentado na Figura 38.

Figura 38 – *Framework* dos elementos conceituais e das condições de contorno envolvidas como proposição do modelo de decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva do TDABC

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir da Figura 38, observa-se que o modelo de decisão de *mix* de produtos a ser proposto considerará quatro elementos-chave (variáveis de controle) na sua formulação: (i) demanda/necessidade de produção; (ii) preço de venda; (iii) capacidade produtiva; e (iv) custos e despesas de recursos, atividades, departamentos e produtos. De forma aderente a vários procedimentos e exemplos apresentados na literatura sobre decisão de *mix* de produtos, o modelo proposto considera o lucro como a variável de desempenho (resultado gerado pela solução) e considera um horizonte de planejamento uniperíodo (ex: um ano). Especificamente, considera-se o lucro operacional como variável de desempenho.

Convém destacar o modelo de decisão *mix* de produtos proposto na corrente tese não aborda o planejamento de força de trabalho (ex: horas-extras, contratação de mão de obra durante de períodos de alta necessidade de produção, demissão de mão de obra durante período de baixa necessidade de produção, entre outros), não considera a existência de refugos de produção, *backorders*, e de sazonalidade durante o horizonte de planejamento, tal como preconizam alguns modelos de planejamento agregado da produção multiperíodo.

Ressalta-se que um dos pontos centrais do modelo de decisão de *mix* de produtos proposto na corrente pesquisa diz respeito ao custo, à despesa e à medida de lucratividade por unidade dos produtos. Esta medida de lucratividade é estritamente dependente dos métodos de custeio aplicados para mensurá-la, sendo estes pouco considerados na literatura que versa sobre modelos de planejamento agregado da produção e da força de trabalho, mesmo os modelos multiperíodo. Em outras palavras, é recorrente que o custo e a lucratividade por unidade dos produtos seja dada *a priori* nos modelos de planejamento agregado da produção e da força de trabalho, ou seja, os métodos de custeio não são considerados neste tipo de planejamento da produção. Conceitos e exemplos de aplicações de modelos de planejamento agregado da produção e da força de trabalho multiperíodo podem ser encontrados em Hax e Candea (1984), Hopp e Spearman (2000), Takey e Mesquita (2006) e Lustosa e Nanci (2008).

Dados os devidos esclarecimentos sobre as diferenças entre o modelo de decisão de *mix* de produtos a ser proposto e os modelos de planejamento agregado da produção e da força de trabalho, passa-se a explicar os quatro elementos-chave que nortearam a construção do modelo proposto na corrente pesquisa. A demanda e a necessidade de produção (i) são consideradas como previsíveis *a priori* e constantes ao longo do período em que se deve definir o *mix* de produtos, ou seja, período em que se aplica o modelo de decisão proposto. Convém ressaltar que a necessidade de produção (em termos de quantidade de produtos) pode ser maior que a demanda, por exemplo, quando se prevê a produção de produtos que não atendem às especificações técnicas de engenharia (deficiência no processo produtivo), ou seja, produtos que não possuem qualidade suficiente para serem entregues aos clientes e gerarem receita.

O elemento-chave (ii), preço de venda, é abordado no modelo de decisão da forma mais simples possível, sendo considerado como dado pelo mercado *a priori* e constante ao longo do período de análise. A capacidade (iii) é tratada no modelo a ser proposto a partir de duas perspectivas. Na situação em que a capacidade produtiva se referir a processos ou departamentos que são intensivos em mão de obra (ex: montagem de componentes, engenharia, costura, preparação de máquinas, entre outros), são aplicadas as premissas do TDABC para mensurar a capacidade prática do departamento. Por sua vez, na situação em que a capacidade

produtiva se referir a processos ou departamentos que são intensivos em capital / equipamentos (ex: pintura eletrostática, pré-tratamento químico, estampagem mecanizada, corte mecanizado, entre outros), é utilizado o método OEE para mensurar a capacidade prática do departamento.

O modelo proposto envolve a situação em que a capacidade é definida *a priori* e não pode ser expandida durante o horizonte de análise envolvida com a decisão de *mix* de produtos, de forma similar às condições de contorno utilizadas por Kee (1995, 2001) e Kee e Schmidt (2000) no caso de decisões de *mix* de produtos no curto prazo (ex: horizonte de um ano), ou no "médio prazo", nos termos de Bahl, Taj e Corcoran (1991).

O quarto e mais importante elemento-chave (custos e despesas de recursos, atividades, departamentos e produtos) é abordado pelo modelo proposto através de cinco construtos teóricos: o TDABC (KAPLAN; ANDERSON, 2004, 2007a, 2007b); o "ABC operacional" (KEE, 2001); o "modelo geral" de decisão de *mix* de produtos (KEE; SCHMIDT, 2001); a "margem controlável" (BALAKRISHNAN; LABRO, SIVARAMAKRISHNAN, 2012b); e a "hierarquia de atividades" (COOPER; 1990; COOPER; KAPLAN, 1992). Como os custos dos recursos produtivos variáveis/diretos (ex: material direto) e as despesas variáveis/diretas (ex: comissão sobre vendas) são atribuídos diretamente aos produtos, o modelo proposto utiliza o TDABC para tratar os direcionar os demais custos (ou gastos, numa perspectiva expandida incorporando as despesas) aos produtos através de taxas de custos (gastos) departamentais. Para tal, os custos (gastos) são mensurados e organizados por departamento para, em seguida, serem confrontados com as capacidades práticas para se determinar taxa do custo (gasto) da capacidade de cada departamento.

A utilização das premissas do ABC operacional compreende, primeiramente, a divisão dos *custos* dos departamentos em flexíveis e comprometidos para proporcionar melhores informações com vistas ao ajuste e gestão econômica da capacidade produtiva (ex: mensurar o quanto está sendo gasto com capacidade ociosa; evitar custos flexíveis da capacidade não utilizada). Com isso, consegue-se aprimorar o conceito de taxa do custo da capacidade provindo do TDABC ao dividir a taxa em dois componentes: taxa do custo flexível da capacidade; e taxa do custo comprometido da capacidade. Cada taxa do custo (ou, numa visão expandida, o

gasto incluindo a despesa) da capacidade (total, flexível e comprometido) é, então, multiplicada pela capacidade que cada unidade de produto consome (em termos de tempo) para se direcionar o custo dos departamentos (total, flexível e comprometido) ao produto.

Em termos de modelagem para tomada de decisão de *mix* de produtos em ambientes de manufatura com múltiplas restrições do tipo *hard*, também são consideradas premissas e procedimentos de cálculo do modelo geral de decisão de *mix* de produtos de Kee e Schmidt (2001). De forma complementar às premissas do modelo geral que são relacionadas com o controle gerencial sobre os gastos, o modelo proposto também aborda o conceito de margem controlável exposto por Balakrishnan, Labro e Sivaramakrishnan (2012b).

Ainda, no modelo proposto, é considerada a taxonomia da “hierarquia das atividades” proposta por Cooper (1990) e Cooper e Kaplan (1992), na caracterização dos departamentos produtivos, auxiliares da produção, administrativos e comerciais em quatro níveis hierárquicos, a saber: (i) em nível de unidade; (ii) em nível de lote; (iii) em nível de produto; e (iv) em nível de instalações ou facilidades.

No modelo proposto, assume-se que os parâmetros/valores sobre demanda, preços de venda, capacidade produtiva, consumo de recursos, custos e despesas são dados deterministicamente. Conforme argumentam Kee e Schmidt (2000), o tratamento determinístico é consistente com vários procedimentos e exemplos apresentados na literatura para lidar com problemas de decisão de *mix* de produtos.

Para respeitar as condições de otimalidade expostas por Lee e Plenert (1993), Plenert (1993), Balakrishnan (1999), Balakrishnan e Cheng (2000), Finch e Luebbe (2000), Mabin e Davies (2003) e Kee e Schimdt (2000) no tocante à decisão de *mix* de produtos para operações com múltiplas restrições, o modelo proposto foi construído com base em programação linear e operacionalizado através do aplicativo Solver[®] incorporado ao *Software* Microsoft Excel[®]. Vale destacar alguns dos textos que serviram como base para a construção do modelo na forma de programação matemática linear e para a operacionalização do modelo através do aplicativo Solver[®], a saber: Hillier e Lieberman (1995), Kee (1995), Fylstra *et al.* (1998), Hopp e Spearman (2000), Kee e Schmidt (2000), Ragsdale (2001), Winston, Albright e Broadie (2001), Taha (2008) e Sobreiro (2012).

A seguir, são apresentadas de forma consolidada as suposições que perfizeram as condições de contorno para a construção do modelo de decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva do TDABC para operações com múltiplas restrições do tipo *hard*:

- i). Os gestores da empresa decidiram, a *priori*, adotar o TDABC como método/sistema de custeio;
- ii). A empresa produz múltiplos produtos;
- iii). A demanda de cada produto é conhecida e dada no início do período de produção em análise;
- iv). O preço de cada produto é ditado pelo mercado e é constante, sendo dado no início do período de produção em análise;
- v). Cada tipo de produto utiliza proporções fixas de recursos (material direto, mão de obra direta, utilidades, etc.) e de departamentos/atividades (condições de linearidade), o implica na linearidade das funções.
- vi). Os custos (gastos) dos departamentos podem ser segmentados em custos (gastos) flexíveis e custos comprometidos;
- vii). A demanda de recursos produtivos para manufaturar todos os produtos no período é maior do que a capacidade produtiva da empresa;
- viii). A matéria-prima e os demais materiais (ex: componentes de montagem, materiais secundários e embalagens) estão sempre disponíveis para fabricação dos produtos;
- ix). Existem departamentos que limitam a capacidade do sistema produtivo e que não podem a capacidade de produção expandida durante o período de planejamento (múltiplas restrições do tipo *hard*);
- x). As informações sobre custos, despesas, preços de venda, demanda, consumo de recursos e sobre capacidade produtiva são dadas deterministicamente.

5.2 MODELO TDABC DE DECISÃO DE *MIX* DE PRODUTOS

Considerando as condições de contorno apresentadas na seção anterior, o modelo de decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva do TDABC proposto é expresso na forma de um modelo de programação linear com a seguinte formulação matemática:

$$\text{Maximizar } Z = \sum_{i=1}^n \left[P_i - \left(\sum_{j=1}^m c_{ij} + \sum_{k=1}^N d_{ik} + \sum_{w=1}^M \frac{G_{w1}^*}{C_{w1}} q_{iw1} \right) \right] X_{i1} - \sum_{i=1}^n \sum_{w=1}^M \frac{G_{w2}^*}{C_{w2}} q_{iw2} L_{iw2} \\ - \sum_{i=1}^n \sum_{w=1}^M \frac{G_{w3}^*}{C_{w3}} q_{iw3} X_{i2} - \sum_{w=1}^M \sum_{y=1}^4 G_{wy}$$

$$\text{Sujeito a } \sum_{i=1}^n q_{iw1} X_{i1} \leq C_{w1} \quad w = 1, 2, \dots, M \\ X_{i1} \leq n_{iw} L_{iw2} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad w = 1, 2, \dots, M \\ \sum_{i=1}^n q_{iw2} L_{iw2} \leq C_{w2} \quad w = 1, 2, \dots, M \\ \sum_{i=1}^n q_{iw3} X_{i2} \leq C_{w3} \quad w = 1, 2, \dots, M \\ X_{i1} \leq D_i X_{i2} \quad i = 1, 2, \dots, n \\ X_{i1} \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \\ X_{i2} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, n \\ L_{iw2} \in \mathbb{Z}^+ \quad i = 1, 2, \dots, n \quad w = 1, 2, \dots, M$$

É considerada a seguinte notação dos índices, da variável de desempenho, das variáveis de decisão e dos parâmetros que compõem o modelo proposto:

Índices:

- i índice dos produtos ($i = 1, 2, \dots, n$).
- j índice dos elementos de gastos que representam custos diretos/variáveis unitários ($j = 1, 2, \dots, m$).
- k índice dos elementos de gastos que representam despesas variáveis unitárias ($k = 1, 2, \dots, N$).
- w índice dos departamentos que carregam gastos ($w = 1, 2, \dots, M$).
- y índice do nível da hierarquia do departamento ($y = 1, 2, 3, 4$, onde: $y = 1$ denota em nível de unidade, $y = 2$ em nível de lote, $y = 3$ em nível de produto e $y = 4$ em nível de instalações).

Variável de Desempenho:

- Z resultado da função objetivo (lucro operacional gerado pelo *mix* de produtos definido com base no modelo de decisão proposto sob a perspectiva do TDABC).

Variáveis de Decisão:

- X_{i1} quantidade a ser produzida/vendida do produto do tipo i (pode assumir valores inteiros ou reais, dependendo do tipo de produto considerado)
- X_{i2} variável binária ($X_{i2} = 1$ denota que o produto do tipo i é produzido e $X_{i2} = 0$ que o produto do tipo i não é produzido).
- L_{iw2} Número inteiro de lotes necessários do departamento w em nível de lote para realizar a produção do produto do tipo i

Parâmetros / Variáveis de Entrada:

- P_i preço de venda líquido do produto i .
- c_{ij} custo direto/variável do elemento de gasto do tipo j relacionado ao produto i .
- d_{ik} despesa variável unitária do elemento de gasto do tipo k relacionado ao produto i .
- G_{w1}^* gasto sujeito ao controle gerencial (discricionário/flexível) estimado para o departamento w em nível de unidade.
- G_{w2}^* gasto sujeito ao controle gerencial (discricionário/flexível) estimado para o departamento w em nível de lote.
- G_{w3}^* gasto sujeito ao controle gerencial (discricionário/flexível) estimado para o departamento w em nível de produto.
- C_{w1} capacidade prática estimada para o departamento w em nível de unidade.
- C_{w2} capacidade prática estimada para o departamento w em nível de lote.
- C_{w3} capacidade prática estimada para o departamento w em nível de produto.
- q_{iw1} capacidade do departamento w utilizada por unidade do produto i .
- q_{iw2} capacidade do departamento w utilizada por lote do produto i .
- q_{iw3} capacidade do departamento w utilizada por tipo de produto i .
- G_{wy} gasto não sujeito ao controle gerencial (não discricionário/comprometido) estimado para o departamento w em nível de hierarquia y .
- n_{iw} quantidade de produtos do tipo i por lote do departamento w .
- D_i demanda de mercado estimada para o produto i .
- $\mathbb{Z}^+$ conjunto dos números inteiros não negativos.

A função objetivo do “Modelo TDABC de Decisão de *Mix* de Produtos” visa maximizar o lucro operacional da empresa no período/horizonte de planejamento. O lucro operacional do modelo é resultado da margem controlável total subtraída pelos custos (gastos) flexíveis dos departamentos relativos à capacidade utilizada pelo *mix* de produtos definido e subtraída pelos custos (gastos) comprometidos dos departamentos (utilizados e não utilizados pelo *mix* de produtos). Ressalta-se que os custos (gastos) flexíveis da capacidade não utilizada não representam, de fato, gastos para a empresa, pois podem ser evitados no horizonte de planejamento. O

Quadro 48 apresenta uma descrição das expressões matemáticas que compõem a função objetivo do modelo proposto.

Quadro 48 – Expressões matemáticas que compõem a função objetivo do modelo de decisão de *mix* de produtos proposto sob a perspectiva do TDABC

Expressão matemática parcial da função objetivo do modelo de decisão de <i>mix</i> de produtos proposto	Descrição
$\sum_{i=1}^n \left[P_i - \left(\sum_{j=1}^m c_{ij} + \sum_{k=1}^N d_{ik} + \sum_{w=1}^M \frac{G_{w1}^*}{C_{w1}} q_{iw1} \right) \right] X_{i1}$	<p>Representa a margem controlável total estimada para a empresa. É resultado do somatório da multiplicação das margens controláveis unitárias pelas respectivas quantidades definidas no <i>mix</i> de produtos (X_{i1}).</p> <p>A expressão entre colchetes representa a margem controlável unitária de cada tipo de produto e, para ser calculada, subtraem-se do preço de venda líquido de impostos (P_i) os custos diretos/variáveis unitários (c_{ij}), as despesas variáveis unitárias (d_{ik}) e os custos (gastos) flexíveis dos departamentos em nível de unidade direcionados aos produtos.</p> <p>Para se calcular o custo (gasto) flexível de cada departamento em nível de unidade a ser direcionado para cada unidade de produto, multiplica-se a capacidade do departamento utilizada pelo produto (q_{iw1}) pela taxa do custo flexível da capacidade que, por sua vez, é resultado da divisão do custo flexível estimado para o departamento (G_{w1}^*) pela capacidade prática estimada para o mesmo departamento (C_w).</p>
$\sum_{i=1}^n \sum_{w=1}^M \frac{G_{w2}^*}{C_{w2}} q_{iw2} L_{iw2}$	<p>Representa os custos (gastos) flexíveis dos departamentos em nível de lote direcionados ao <i>mix</i> de produtos definido para o período em análise.</p> <p>Para se calcular o custo (gasto) flexível de cada departamento em nível de lote a ser direcionado para cada tipo de produto, multiplica-se a capacidade do departamento utilizada pelo produto (q_{iw2}) pelo número inteiro de lotes necessários para realizar a produção do produto (L_{iw2}) e pela taxa do custo flexível da capacidade que, por sua vez, é resultado da divisão do custo flexível estimado para o departamento (G_{w2}^*) pela capacidade prática estimada para o mesmo departamento (C_w).</p>
$\sum_{i=1}^n \sum_{w=1}^M \frac{G_{w3}^*}{C_{w3}} q_{iw3} X_{i2}$	<p>Representa os custos (gastos) flexíveis dos departamentos em nível de produto direcionados ao <i>mix</i> de produtos definido para o período em análise.</p> <p>Para se calcular o custo (gasto) flexível de cada departamento em nível de produto, multiplica-se a capacidade do departamento utilizada pelo produto (q_{iw3}) pela variável binária que expressa se o tipo de produto é produzido ou não (X_{i2}) e pela taxa do</p>

	custo flexível da capacidade. Esta última é resultado da divisão do custo flexível estimado para o departamento (G_{w3}^*) pela capacidade prática estimada para o mesmo departamento (C_w).
$\sum_{w=1}^M \sum_{y=1}^4 G_{wy}$	Representa a soma dos custos (gastos) comprometidos dos departamentos da empresa estimados para o período em análise (G_{wy}). Envolve não somente os departamentos produtivos e auxiliares da produção, mas também os departamentos que representam despesas operacionais. Ainda, de forma complementar, podem ser considerados gastos comprometidos em nível de facilidades que eventualmente, não estejam agrupados em departamentos.

Fonte: Elaborado pelo autor

Descritas as partes componentes da função objetivo, passa-se a explicar o significado das restrições do modelo proposto. O primeiro conjunto de restrições relaciona-se à capacidade produtiva dos departamentos em nível de unidade. O segundo e terceiro conjuntos de restrições dizem respeito à capacidade produtiva dos departamentos em nível de lote. O quarto conjunto de restrições corresponde à capacidade produtiva dos departamentos em nível de produto. O quinto conjunto de restrições relaciona-se à demanda do mercado. A sexta restrição de não negatividade refere-se à possibilidade de produção (maior ou igual à zero) de cada tipo de produto. A sétima restrição está relacionada com a realização ou não da produção (variável binária) de cada tipo de produto. Por fim, a oitava restrição estabelece que a variável que representa o tamanho lote de cada tipo de produto em cada departamento (em nível de lote) deve pertencer ao conjunto dos números inteiros não negativos. O Quadro 49 apresenta, de forma estruturada, o significado dos conjuntos de restrições estabelecidos no modelo proposto.

Quadro 49 – Significado das expressões matemáticas que compõem a função objetivo do modelo de decisão de *mix* de produtos proposto sob a perspectiva do TDABC

Conjunto de restrições do modelo de decisão de <i>mix</i> de produtos proposto	Significado
$\sum_{i=1}^n q_{iw1} X_{i1} \leq C_{w1} \quad w = 1, 2, \dots, M$	A capacidade utilizada pelo <i>mix</i> de produtos definido deve ser menor ou igual à capacidade prática disponibilizada de cada departamento com hierarquia em nível de unidade.
$X_{i1} \leq n_{iw} L_{iw2} \quad \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, n \\ w = 1, 2, \dots, M \end{matrix}$	A quantidade produzida de cada tipo de produto do <i>mix</i> definido deve ser menor ou igual ao tamanho do lote multiplicado pelo número (inteiro) de lotes produzidos em

	cada departamento com hierarquia em nível de lote.
$\sum_{i=1}^n q_{iw2} L_{iw2} \leq C_{w2} \quad w = 1, 2, \dots, M$	A capacidade utilizada pelo <i>mix</i> de produtos definido deve ser menor ou igual à capacidade prática disponibilizada de cada departamento com hierarquia em nível de lote.
$\sum_{i=1}^n q_{iw3} X_{i2} \leq C_{w3} \quad w = 1, 2, \dots, M$	A capacidade utilizada pelo <i>mix</i> de produtos definido deve ser menor ou igual à capacidade prática disponibilizada de cada departamento com hierarquia em nível de produto.
$X_{i1} \leq D_i X_{i2} \quad i = 1, 2, \dots, n$	A produção de cada produto deve ser menor ou igual à demanda do mercado.
$X_{i1} \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n$	Restrição de não negatividade. Significa que as quantidades tipo de produto do <i>mix</i> definido deve ser maior ou igual zero. Dependendo do tipo de produto, a variável pode assumir valores inteiros ou reais.
$X_{i2} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, n$	Variável binária. Significa a realização ou não da produção de cada tipo de produto.
$L_{iw2} \in \mathbb{Z}^+ \quad i = 1, 2, \dots, n$ $w = 1, 2, \dots, M$	O número de lotes produzidos em cada departamento em nível de lote deve pertencer ao conjunto dos números inteiros não negativos.

Fonte: Elaborado pelo autor

Na seção seguinte, a aplicação do modelo de decisão de *mix* de produtos proposto é ilustrada a partir de um exemplo numérico/didático que envolve o processo de planejamento e orçamento de uma empresa manufatureira do ramo metal-mecânico.

5.3 APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO: EMPRESA ABC LTDA.

Para a aplicação do modelo proposto de decisão de *mix* produtos através de um exemplo numérico/didático, conjectura-se os gestores da empresa manufatureira de suportes metálicos ABC Ltda, ao conduzirem o processo de planejamento e orçamento da empresa, precisam decidir qual é o *mix* de produtos a ser produzido e vendido no próximo período (horizonte de um ano) que maximize o lucro operacional tendo em vista que a capacidade produtiva da empresa não será capaz de suprir a demanda total solicitada para o período. Como “gestores”, tem-se uma equipe multidisciplinar formada por profissionais dos departamentos de Planejamento e Controle da Produção, Controladoria, Comercial e Direção da empresa ABC Ltda.

Considerando algumas das condições de contorno apresentadas por pesquisas da área de decisão de *mix* de produtos (ex: KEE, 1995; 2001; KEE; SCHMIDT, 2000;

WANG; DU; WEN, 2007; SOBREIRO, 2012; SOUSA *et al.*, 2013) e sobre métodos/sistemas de custeio (Ex: BALAKRISHNAN; LABRO, SIVARAMAKRISHNAN; 2012a; 2012b) o exemplo numérico/didático aqui exposto aborda uma situação hipotética em que são estabelecidas algumas suposições sobre o tipo de negócio e sobre processo produtivo da empresa em questão, tais como:

- Os gestores da empresa decidiram, *a priori*, adotar o TDABC como método/sistema de custeio;
- Os recursos utilizados na produção que representam mão de obra e *overheads* são agrupados na forma de custos departamentais (departamentos produtivos e departamentos auxiliares);
- Para o próximo período/horizonte de planejamento da produção, prevê-se que a demanda ultrapassará a capacidade de dois departamentos produtivos intensivos em capital da empresa;
- A empresa possui restrições de capital para investir em novos equipamentos para ampliar a capacidade produtiva;
- O preço de cada produto é ditado pelo mercado e é constante durante o período/horizonte de produção em análise;
- Os produtos consomem proporções fixas de recursos (ex: material direto e atividades), desta forma, assume-se que há linearidade nas funções de produção;
- Todos os equipamentos podem produzir qualquer tipo de produto mediante realização de *setup* (ajuste/troca de ferramentas e limpeza de equipamentos);
- A matéria-prima e os demais materiais (ex: componentes de montagem, materiais secundários e embalagens) estão sempre disponíveis para a fabricação dos produtos. Esta suposição implica também que o cenário proposto não considera a indisponibilidade de produção causada por fornecimentos externo de recursos (ex: água, energia elétrica, ar-comprimado, etc.).
- Os tempos de preparação de equipamento independem da sequência de produção e são constantes para cada tipo de produto;
- A empresa não realiza a entrega dos produtos para os clientes.

5.3.1 Estruturação dos Parâmetros do Modelo

Para facilitar a realização da modelagem tendo em vista a operacionalização do modelo de definição do *mix* de produtos para o próximo ano de operação da ABC Ltda., inicialmente, fez-se necessário organizar informações acerca da operação da empresa com base nos construtos do TDABC. O intuído inicial foi o de estruturar os parâmetros do modelo.

De forma geral, entre as ações de levantamento de informação por parte dos gestores da empresa ABC Ltda., tomando como base o TDABC, estão: (i) consultas ao organograma para se identificar a divisão organizacional da empresa em departamentos; (ii) consultas a relatórios de contabilidade, de folha de pagamento de pessoal e de compras de suprimentos para se estimar os custos de aquisição de materiais, as despesas variáveis unitárias (ex: comissões sobre vendas) e o gasto anual estimado de cada departamento; (iii) consultas a projetos de produtos para se quantificar os coeficientes técnicos dos materiais que compõem os produtos, sendo utilizado como meio de representação a estrutura/árvore dos produtos; (iv) coleta de informações junto aos funcionários da empresa e aplicação da técnica OEE nos equipamentos para se determinar a capacidade prática de cada departamento; (v) realização de entrevistas com funcionários e de mensurações *in loco* para se levantar os tempos de dedicação de cada departamento às diversas atividades em termos de capacidade requerida pelos produtos da empresa, sendo utilizado como meio de representação um diagrama de processo; (vi) consultas a relatórios de pesquisa de marketing para se estimar a demanda pelos produtos da empresa ao longo do horizonte de planejamento.

Por exemplo, com base nas informações provindas das ações (ii) e (iv), os gestores são possibilitados de calcular as taxas de custo (gasto) da capacidade de cada departamento da empresa. Já as informações provindas da ação (v) possibilitam a construção de equações de tempo para cada departamento da empresa. Por sua vez, o confronto de informações provindas das ações (ii), (v) e (vi) possibilitam identificação da existência de restrições no processo produtivo. Nesse sentido, para operacionalizar o modelo proposto de decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva do TDABC para operações com múltiplas restrições do tipo *hard*, os gestores da ABC Ltda. realizam um levantamento de informações referentes ao processo

produtivo, aos custos, às despesas, à demanda do mercado e aos preços de venda líquidos dos produtos da empresa.

A empresa ABC Ltda. opera na produção e na venda de três tipos de produtos: A, B e C. Na operação, existem onze tipos de materiais diretamente utilizados pelos produtos, quais sejam: *kit* básico de montagem em aço carbono; dispositivo de ajuste; dobradiça; tinta em pó; embalagem; manual de uso; composto para desengraxe; composto para decapagem; composto para fosfatização; composto para selagem/passivação; e água (pré-tratamento). A empresa está organizada em treze departamentos, sendo três de produção (Pré-tratamento; Pintura Eletrostática; e Montagem), cinco de apoio/auxiliares à produção (Preparação de Equipamento/*Setup*; Engenharia; Planejamento e Controle da Produção; Compras; e Segurança do Trabalho), quatro administrativos (Recursos Humanos; Segurança Patrimonial & Serviços Gerais; Controladoria; e Administração Geral / Direção) e um departamento Comercial.

5.3.1.1 Cálculo do Custo (Gasto) dos Departamentos com Base no TDABC

Inicialmente, são apresentadas informações sobre os departamentos da empresa ABC Ltda, destacando o tipo/função, a classificação da hierarquia, o custo (ou gasto, numa perspectiva que inclua despesas) anual estimado e o nível de controle gerencial sobre os gastos (parcela flexível e parcela comprometida) de cada departamento, como mostra o Quadro 50.

Quadro 50 – Informações sobre os departamentos da empresa ABC Ltda.

Departamento	Tipo/Função	Hierarquia	Gasto Estimado para o Período (ano)	Nível de Controle Gerencial sobre os Gastos
Pré-tratamento	De produção	Em nível de unidade	R\$ 3.587.400,00	40% Flexíveis 60% Comprometidos
Pintura Eletrostática	De produção	Em nível de unidade	R\$ 2.130.000,00	20% Flexíveis 80% Comprometidos
Montagem	De produção	Em nível de unidade	R\$ 2.244.000,00	20% Flexíveis 80% Comprometidos
Preparação de Equipamentos/ <i>Setup</i>	De apoio à produção	Em nível de lote	R\$ 111.600,00	20% Flexíveis 80% Comprometidos
Engenharia	De apoio à produção	Em nível de produto	R\$ 435.600,00	20% Flexíveis 80% Comprometidos
Planejamento e Controle da Produção	De apoio à produção	Em nível de instalações	R\$ 260.000,00	0% Flexível 100% Comprometidos

Compras	De apoio à produção	Em nível de instalações	R\$ 180.000,00	0% Flexível 100% Comprometidos
Segurança do Trabalho	De apoio à produção	Em nível de instalações	R\$ 160.000,00	0% Flexível 100% Comprometidos
Recursos Humanos	Administrativo	Em nível de instalações	R\$ 160.000,00	0% Flexível 100% Comprometidos
Segurança Patrimonial & Serviços Gerais	Administrativo	Em nível de instalações	R\$ 220.000,00	0% Flexível 100% Comprometidos
Controladoria	Administrativo	Em nível de instalações	R\$ 260.000,00	0% Flexível 100% Comprometidos
Administração Geral / Direção	Administrativo	Em nível de instalações	R\$ 880.000,00	0% Flexível 100% Comprometidos
Comercial (<i>sem comissões sobre vendas</i>)	Comercial	Em nível de instalações	R\$ 200.000,00	0% Flexível 100% Comprometidos

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base no Quadro 50, pode-se observar que as atividades dos departamentos de Pré-tratamento, Pintura Eletrostática e Montagem ocorrem em nível de unidade, as do departamento de Preparação de Equipamento/*Setup* ocorrem em nível de lote e as atividades do departamento de Engenharia ocorrem em nível de produto, nos termos de Cooper (1990), Cooper e Kaplan (1992), Kee e Schmidt (2000), Tsai e Lai (2007) e Wang *et al.* (2009). Os demais departamentos possuem hierarquia em nível de instalações cujos custos comprometidos independem do *mix* de produtos definido para o horizonte de planejamento.

Os gestores, então, passam a reunir informações sobre os custos de material direto, sendo estes classificados como variáveis e flexíveis com relação às unidades de produtos para o período em análise. Ainda, as comissões sobre vendas são consideradas como despesas variáveis atribuíveis diretamente às unidades dos produtos. Os demais gastos (custos e despesas) totalizam R\$ 10.857.061,54 (levam em conta a capacidade total disponibilizada e são estimados para o período de um ano) e são distribuídos pelos treze departamentos da empresa. Desse total, R\$ 8.508.600,00 são dos cinco departamentos cujos gestores possuem algum nível de controle sobre os gastos que são impactados pela decisão de *mix* de produtos.

Como, no caso da empresa ABC Ltda., os cinco departamentos com controle gerencial são relacionados à função produção, doravante será utilizado o termo “custos” para se referir aos gastos destes departamentos. Convém observar que, mesmo não se aplicando ao exemplo didático aqui abordado, a discricionariedade de gastos também pode ocorrer com departamentos que representam despesas (ex:

departamento de publicidade). A discricionariedade é dependente, por exemplo, da operação estudada, do nível da hierarquia do departamento e dos contratos firmados (ex: fornecedores e distribuidores), acordos realizados (ex: com sindicatos) e da legislação trabalhista pela qual a empresa os contratos de trabalho são regidos.

Com base no Quadro 50, pode-se observar que os gestores da empresa ABC Ltda. supõem terem poder discricionário sobre 40% dos custos do departamento de Montagem (intensivo em mão de obra e com hierarquia em nível de unidade), considerando o horizonte de análise. Esse controle sobre os custos de Montagem pode ocorrer, por exemplo, devido aos contratos firmados com trabalhadores e aos acordos realizados com o sindicato trabalhista da região. Desta forma, custos podem ser evitados caso o *mix* de produtos estimado não consuma toda a capacidade produtiva do departamento de montagem (ociosidade). Os 60% restantes dos custos são considerados como comprometidos para o período em análise (ano) e independem do *mix* de produtos da empresa.

Para os departamentos de Pré-tratamento e Pintura Eletrostática (em nível de unidade), supõe-se que os gestores estimam que 20% dos custos são flexíveis e 80% são comprometidos para o horizonte de análise, considerando que estes departamentos são intensivos em capital. O mesmo poder discricionário é suposto para os custos dos departamentos de Preparação de Equipamento/*Setup* (hierarquia em nível de lote) e de Engenharia (hierarquia em nível de produto). Para os sete departamentos com hierarquia em nível de instalações, os gestores estimam um gasto anual de R\$ 2.320.000,00 e consideram que 100% desses gastos são comprometidos no horizonte de análise, ou seja, são considerados como independentes da decisão de *mix* de produtos.

Vale ressaltar que, de acordo com os construtos do TDABC (KAPLAN; ANDERSON, 2007a), os custos departamentais englobam gastos com mão de obra, supervisores, ocupação, utilidades, entre outros recursos que efetivamente são utilizados pelo departamento. Os Quadros 51, 52, 53, 54 e 55 apresentam, de forma ilustrativa, a estrutura de cálculo dos custos anuais estimados para os departamentos de Pré-montagem, Pintura Eletrostática, Montagem, Preparação de Equipamento/*Setup* e Engenharia, respectivamente.

Quadro 51 – Custo anual estimado para o departamento de Pré-tratamento da empresa ABC Ltda.

Cálculo do custo departamental na perspectiva do TDABC	
Departamento de Pré-tratamento	
salários, encargos sociais e benefícios mensais, em média, por operador de equipamentos de pré-tratamento	R\$ 2.800,00
(x) quantidade de operadores de equipamentos de pré-tratamento	16
(=) custo mensal com mão de obra de operadores de equipamentos de pré-tratamento	R\$ 44.800,00
(+) { salários, encargos sociais e benefícios mensais por supervisor de produção	R\$ 5.000,00
(x) quantidade de supervisores de produção }	4
(=) custo mensal com mão de obra de supervisores	R\$ 20.000,00
(+) custo mensal de depreciação dos equipamentos de pré-tratamento	R\$ 100.000,00
(+) { área ocupada pelo departamento (em m ²)	450
(÷) área total da empresa (em m ²)	2.000
(x) gasto mensal com aluguel }	R\$ 30.000,00
(=) custo mensal de ocupação do departamento	R\$ 6.750,00
(+) custo mensal com suporte de informática	R\$ 500,00
(+) custo mensal com manutenção mecânica e elétrica	R\$ 5.000,00
(+) custo mensal com utilidades (ex: água de uso geral, energia, ar-comprimido, etc.)	R\$ 120.000,00
(+) custo mensal com materiais de escritório (ex: papel, caneta, copos, bombonas de água, etc.)	R\$ 400,00
(+) custo mensal com consultores externos	R\$ 1.500,00
(=) custo mensal total do departamento de Pré-tratamento	R\$ 298.950,00
(x) número de meses no ano	12
(=) custo anual total do departamento de Pré-tratamento	R\$ 3.587.400,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 52 – Custo anual estimado para o departamento de Pintura Eletrostática da empresa ABC Ltda.

Cálculo do custo departamental na perspectiva do TDABC	
Departamento de Pintura Eletrostática	
salários, encargos sociais e benefícios mensais, em média, por operador de equipamentos de pintura	R\$ 2.800,00
(x) quantidade de operadores de equipamentos de pintura	12
(=) custo mensal com mão de obra de operadores de equipamentos de pintura	R\$ 33.600,00
(+) { salários, encargos sociais e benefícios mensais por supervisor de produção	R\$ 5.000,00
(x) quantidade de supervisores de produção }	4
(=) custo mensal com mão de obra de supervisores	R\$ 20.000,00
(+) custo mensal de depreciação dos equipamentos de pintura	R\$ 50.000,00
(+) { área ocupada pelo departamento (em m ²)	400
(÷) área total da empresa (em m ²)	2.000
(x) gasto mensal com aluguel }	R\$ 30.000,00
(=) custo mensal de ocupação do departamento	R\$ 6.000,00
(+) custo mensal com suporte de informática	R\$ 500,00
(+) custo mensal com manutenção mecânica e elétrica	R\$ 6.000,00
(+) custo mensal com utilidades (ex: água de uso geral, energia, ar-comprimido, etc.)	R\$ 60.000,00
(+) custo mensal com materiais de escritório (ex: papel, caneta, copos, bombonas de água, etc.)	R\$ 400,00
(+) custo mensal com consultores externos	R\$ 1.000,00
(=) custo mensal total do departamento de Pintura	R\$ 177.500,00
(x) número de meses no ano	12
(=) custo anual total do departamento de Pintura	R\$ 2.130.000,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 53 – Custo anual estimado para o departamento de Montagem da empresa ABC Ltda.

Cálculo do custo departamental na perspectiva do TDABC	
Departamento de Montagem	
salários, encargos sociais e benefícios mensais, em média, por operário	R\$ 2.000,00
(x) quantidade de operários	60
(=) custo mensal com mão de obra de operários	R\$ 120.000,00
(+) { salários, encargos sociais e benefícios mensais por supervisor de produção	R\$ 5.000,00
(x) quantidade de supervisores de produção }	8
(=) custo mensal com mão de obra de supervisores	R\$ 40.000,00
(+) custo mensal de depreciação de equipamentos do departamento (ex: computadores e ferramentas)	R\$ 3.000,00
(+) { área ocupada pelo departamento (em m²)	500
(÷) área total da empresa (em m²)	2.000
(x) gasto mensal com aluguel }	R\$ 30.000,00
(=) custo mensal de ocupação do departamento	R\$ 7.500,00
(+) custo mensal com suporte de informática	R\$ 500,00
(+) custo mensal com manutenção mecânica e elétrica	R\$ 2.000,00
(+) custo mensal com utilidades (ex: água, energia, ar-comprimido, etc.)	R\$ 4.000,00
(+) custo mensal com materiais de escritório (ex: papel, caneta, copos, bombonas de água, etc.)	R\$ 2.000,00
(+) custo mensal com consultores externos	R\$ 8.000,00
(=) custo mensal total do departamento de Montagem	R\$ 187.000,00
(x) número de meses no ano	12
(=) custo anual total do departamento de Montagem	R\$ 2.244.000,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 54 – Custo anual estimado para o departamento de Preparação de Equipamento/*Setup* da empresa ABC Ltda.

Cálculo do custo departamental na perspectiva do TDABC	
Departamento de Preparação de Equipamento/ <i>Setup</i>	
salários, encargos sociais e benefícios médios, em média, por preparador de equipamento	R\$ 2.000,00
(x) quantidade de preparadores de equipamento	4
(=) custo mensal com mão de obra de preparadores de equipamento	R\$ 8.000,00
(+) custo mensal de depreciação de equipamentos do departamento (ex: computadores e ferramentas)	R\$ 500,00
(+) { área ocupada pelo departamento (em m²)	30
(÷) área total da empresa (em m²)	2.000
(x) gasto mensal com aluguel }	R\$ 20.000,00
(=) custo mensal de ocupação do departamento	R\$ 300,00
(+) custo mensal com suporte de informática	R\$ 100,00
(+) custo mensal com manutenção mecânica e elétrica	R\$ 100,00
(+) custo mensal com utilidades (ex: água, energia, ar-comprimido, etc.)	R\$ 100,00
(+) custo mensal com materiais de escritório (ex: papel, caneta, copos, bombonas de água, etc.)	R\$ 200,00
(=) custo mensal total do departamento de Preparação de Equipamento	R\$ 9.300,00
(x) número de meses no ano	12
(=) custo anual total do departamento de Preparação de Equipamento	R\$ 111.600,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 55 – Custo anual estimado para o departamento de Engenharia da empresa ABC Ltda.

Cálculo do custo departamental na perspectiva do TDABC	
Departamento de Engenharia	
salários, encargos sociais e benefícios médios mensais, em média, por engenheiro	R\$ 11.000,00
(x) quantidade de engenheiros	3
(=) custo mensal com mão de obra de engenheiros	R\$ 33.000,00
(+) custo mensal com mão de obra dos estagiários em engenharia	R\$ 1.800,00
(+) custo mensal de depreciação de equipamentos do departamento (ex: computadores e ferramentas)	R\$ 500,00
(+) { área ocupada pelo departamento (em m ²)	20
(÷) área total da empresa (em m ²)	2.000
(x) gasto mensal com aluguel }	R\$ 30.000,00
(=) custo mensal de ocupação do departamento	R\$ 300,00
(+) custo mensal com suporte de informática	R\$ 200,00
(+) custo mensal com manutenção mecânica e elétrica	R\$ 100,00
(+) custo mensal com utilidades (ex: água, energia, ar-comprimido, etc.)	R\$ 200,00
(+) custo mensal com materiais de escritório (ex: papel, caneta, copos, bombonas de água, etc.)	R\$ 200,00
(=) custo mensal total do departamento de Engenharia	R\$ 36.300,00
(x) número de meses no ano	12
(=) custo anual total do departamento de Engenharia	R\$ 435.600,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Ressalta-se que os custos departamentais estimados são utilizados na determinação das taxas do custo da capacidade de cada um dos cinco departamentos operacionais cujos gestores possuem algum nível de controle gerencial sobre os custos. O cálculo das taxas de custo será apresentado a *posteriori* e servirá para facilitar a compreensão dos resultados obtidos com a modelagem baseada em programação matemática.

5.3.1.2 Estrutura, Custo de Material Direto e Preço de Venda dos Produtos

Continuando com a estruturação das informações acerca das operações da empresa ABC Ltda, supõe-se que os gestores passam a abordar o consumo realizado pelos produtos com relação aos onze tipos de material direto utilizados no processo produtivo. Nesse sentido, na Figura 39, são apresentadas a estrutura dos produtos de forma simplificada, destacando os coeficientes técnicos, nos termos de Costa, Ferreira e Saraiva Jr. (2010). De forma complementar, o Quadro 56 apresenta informações coletadas sobre o custo e o consumo dos materiais diretos em relação a cada produto da empresa.

Figura 39 – Estrutura dos produtos da empresa ABC Ltda.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 56 – Informações sobre o custo e o consumo dos materiais diretos por produto da empresa ABC Ltda.

		Produto					
		A		B		C	
Material Direto (MD)	Custo de aquisição do MD	Consumo	Custo	Consumo	Custo	Consumo	Custo
Kit básico de montagem em aço carbono	R\$ 20,00 por unidade	1 unidade	R\$ 20,00	1 unidade	R\$ 20,00	1 unidade	R\$ 20,00
Dispositivo de ajuste	R\$ 5,00 por unidade	-	-	1 unidade	R\$ 5,00	2 unidades	R\$ 10,00
Dobradiça	R\$ 2,00 por unidade	-	-	-	-	2 unidades	R\$ 4,00
Tinta em pó	R\$ 15,00 por quilo	0,2 quilo	R\$ 3,00	0,4 quilo	R\$ 6,00	0,4 quilo	R\$ 6,00
Embalagem	R\$ 1,00 por unidade	1 unidade	R\$ 1,00	1 unidade	R\$ 1,00	1 unidade	R\$ 1,00
Manual de uso	R\$ 1,00 por unidade	1 unidade	R\$ 1,00	1 unidade	R\$ 1,00	1 unidade	R\$ 1,00
Composto para desengraxe	R\$ 7,00 por litro	0,3 litro	R\$ 2,10	0,3 litro	R\$ 2,10	0,3 litro	R\$ 2,10
Composto para decapagem	R\$ 10,00 por litro	0,2 litro	R\$ 2,00	0,2 litro	R\$ 2,00	0,2 litro	R\$ 2,00
Composto para fosfatização	R\$ 12,00 por litro	0,4 litro	R\$ 4,80	0,4 litro	R\$ 4,80	0,8 litro	R\$ 9,60
Composto para selagem/passivação	R\$ 6,00 por litro	0,3 litro	R\$ 1,80	0,3 litro	R\$ 1,80	0,3 litro	R\$ 1,80
Água (pré-tratamento)	R\$ 10,00 por m³	0,03 m³	R\$ 0,30	0,03 m³	R\$ 0,30	0,03 m³	R\$ 0,30
Custo de MD unitário		R\$ 36,00		R\$ 44,00		R\$ 57,80	

Fonte: Elaborado pelo autor

Tomando como base pesquisas de mercado, os gestores projetam para o período de planejamento (ano seguinte) os seguintes preços de venda líquidos por unidade: R\$ 60,00 para o produto A, R\$ 80,00 para o produto B e R\$ 90,00 para o produto C. Supõe-se, ainda, o pagamento de uma comissão para os vendedores para cada produto vendido, comissão essa valorada em 0,5% do preço de venda líquido. Além disso, os gestores estimam uma demanda anual de 200.000 unidades para o produto do tipo A, 160.000 unidades para B e 120.000 unidades para C, como mostra o Quadro 57.

Quadro 57 – Preço de venda, comissão sobre venda e demanda anual estimada para os produtos da empresa ABC Ltda. no período analisado

	Produto		
	A	B	C
Demanda esperada	200.000	160.000	120.000
Preço de venda (líquido de impostos)	R\$ 60,00	R\$ 80,00	R\$ 90,00
Comissão sobre vendas	R\$ 0,30	R\$ 0,40	R\$ 0,45

Fonte: Elaborado pelo autor

5.3.1.3 Cálculo da Capacidade Prática dos Departamentos com Base no TDABC e no OEE

Para quantificar denominador da expressão de cálculo da taxa de custo da capacidade para cada departamento, os gestores da empresa ABC Ltda. verificam em que tipo de processo a execução das atividades departamentais são baseadas. Por exemplo, os departamentos de Pré-tratamento e de Pintura Eletrostática são intensivos em capital, tendo as suas capacidades práticas mensuradas em termos de tempo (minutos-máquina) de operação dos equipamentos de cada departamento.

O departamento de Pré-tratamento opera 12 conjuntos de equipamentos que servem para realizar a preparação (tratamento químico) dos *kits* básicos de montagem em aço carbono para que estes possam receber, na sequência do processo produtivo, a tinta eletrostática de forma a protegê-los da corrosão metálica. O departamento de Pré-tratamento opera em três turnos de oito horas de trabalho durante, normalmente, sete dias por semana e conta com uma força total de trabalho composta por 16 operadores e 4 supervisores produção.

Por sua vez, no departamento de Pintura Eletrostática, são operados 3 conjuntos de equipamentos que servem para realizar a pintura e a cura/secagem dos *kits* básicos de montagem já pré-tratados quimicamente. O departamento de Pintura Eletrostática funciona em três turnos de oito horas de trabalho durante, normalmente, sete dias por semana e conta com uma força total de trabalho composta por 12 operadores e 4 supervisores produção.

Para se estimar a capacidade prática anual dos departamentos de Pré-tratamento e de Pintura Eletrostática, é utilizada a lógica de cálculo do método OEE de forma aderente ao TDABC, conforme apresentado por Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr e Costa (2010). Nesse sentido, os gestores da empresa ABC Ltda. estimam que, mensalmente, cada conjunto de equipamentos do departamento de Pré-tratamento tem a produção interrompida por 8 horas para a realização de manutenção preventiva e por 12 horas para a realização de manutenção corretiva. Para o departamento de Pintura Eletrostática, prevê-se que a produção é interrompida por 8 horas para a realização de manutenção preventiva e por 20 horas para a realização de manutenção corretiva. Ressalta-se que, no corrente exemplo didático, considera-se que a capacidade dos os equipamentos dos departamentos de Pré-tratamento e de Pintura Eletrostática não é utilizada no processamento de itens que não atendem às especificações técnicas de engenharia (produção de itens com problemas de qualidade), ou seja, supõe-se que não há perdas de produção e que a demanda do mercado é igual à necessidade de produção no período.

Nos Quadros 58 e 59, são apresentados, respectivamente, os cálculos realizados para estimar a capacidade prática dos departamentos de Pré-tratamento e Pintura Eletrostática com base no método OEE.

Quadro 58 – Capacidade prática anual estimada para o departamento de Pré-tratamento da empresa ABC Ltda.

Cálculo da capacidade prática na perspectiva do TDABC	
Departamento de Pré-tratamento (em minutos de operação dos equipamentos)	
nº de dias no ano	365 dias
(-) feriados sem operação ao ano	5 dias
(=) dias disponíveis para produção	360 dias
(x) tempo nominal diário de processamento por conjunto de equipamentos	1.440 minutos
(=) tempo nominal anual de processamento por conjunto de equipamentos	518.400 minutos
(-) tempo estimado de manutenção preventiva no ano por conjunto de equipamentos	5.760 minutos
(-) tempo estimado de manutenção corretiva no ano por conjunto de equipamentos	8.640 minutos
(-) tempo estimado de preparação / <i>setup</i> de equipamento no ano	40.000 minutos
(-) tempo estimado de perdas por qualidade no ano por conjunto de equipamentos	0 minuto
(=) capacidade prática anual por conjunto de equipamentos	464.000 minutos
(x) quantidade de conjuntos de equipamentos do departamento de Pré-tratamento	12 equipamentos
(=) capacidade prática anual do departamento de Pré-tratamento	5.568.000 minutos

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 59 – Capacidade prática anual estimada para o departamento de Pintura Eletrostática da empresa ABC Ltda.

Cálculo da capacidade prática na perspectiva do TDABC	
Departamento de Pintura Eletrostática (em minutos de operação dos equipamentos)	
nº de dias no ano	365 dias
(-) feriados sem operação ao ano	5 dias
(=) dias disponíveis para produção	360 dias
(x) tempo nominal diário de processamento por conjunto de equipamentos	1.440 minutos
(=) tempo nominal anual de processamento por conjunto de equipamentos	518.400 minutos
(-) tempo estimado de manutenção preventiva no ano por conjunto de equipamentos	8.640 minutos
(-) tempo estimado de manutenção corretiva no ano por conjunto de equipamentos	14.400 minutos
(-) tempo estimado de preparação / <i>setup</i> de equipamento no ano	40.000 minutos
(-) tempo estimado de perdas por qualidade no ano por conjunto de equipamentos	0 minuto
(=) capacidade prática anual por conjunto de equipamentos	455.360 minutos
(x) quantidade de conjuntos de equipamentos do departamento de Pintura	3 equipamentos
(=) capacidade prática anual do departamento de Pintura	1.366.080 minutos

Fonte: Elaborado pelo autor

Continuando a estruturação das informações com base no TDABC para fins de cálculo das taxas de custos da capacidade, os gestores da empresa ABC Ltda. verificam que o departamento de Montagem opera em dois turnos de oito horas de trabalho durante cinco dias por semana, normalmente, e conta com uma força total de trabalho composta por 60 operários e 8 supervisores produção. Como o departamento de Montagem é intensivo em mão de obra, este tem a capacidade prática mensurada em termos de tempo (minutos) de trabalho dos operários. O Quadro 60 apresenta o cálculo da capacidade prática anual estimada para o departamento de Montagem, quadro este elaborado tomando como base os procedimentos para o cálculo dos dias disponíveis da mão de obra para o trabalho

com estabelecidos por Kaplan e Anderson (2007a), Martins (2010), Saraiva Jr. (2010) e Saraiva Jr e Costa (2010).

Quadro 60 – Capacidade prática anual estimada para o departamento de Montagem da empresa ABC Ltda.

Cálculo da capacidade prática na perspectiva do TDABC	
Departamento de Montagem (em minutos de trabalho de operários)	
nº de dias no ano	365 dias
(-) dias dos finais de semana sem operação ao ano (sábados e domingos)	98 dias
(-) feriados ao ano	10 dias
(-) férias ao ano	20 dias
(-) faltas ao ano	4 dias
(=) capacidade prática de trabalho no ano	233 dias
(x) { tempo disponível diário de trabalho por operários	480 minutos
(-) pausa diária no trabalho por montador }	70 minutos
(=) capacidade prática diária de trabalho por montador	410 minutos
(=) capacidade prática anual por operário	95.530 minutos
(x) quantidade de mão de obra do departamento de Montagem	60 operários
(=) capacidade prática anual do departamento de Montagem	5.731.800 minutos

Fonte: Elaborado pelo autor

Por também serem intensivos em mão de obra, os departamentos de Preparação de Equipamento/*Setup* e de Engenharia têm suas capacidades práticas mensuradas em termos de tempo (minutos) de trabalho dos 4 preparadores e dos 3 engenheiros, respectivamente, conforme mostram os Quadros 61 e 62.

Quadro 61 – Capacidade prática anual estimada para o departamento de Preparação de Equipamento/*Setup* da empresa ABC Ltda.

Cálculo da capacidade prática na perspectiva do TDABC	
Departamento de Preparação de Equipamento/<i>Setup</i> (em minutos de trabalho de preparadores)	
nº de dias no ano	365 dias
(-) dias dos finais de semana sem operação ao ano (sábados e domingos)	98 dias
(-) feriados ao ano	10 dias
(-) férias ao ano	20 dias
(-) faltas ao ano	4 dias
(=) capacidade prática de trabalho no ano	233 dias
(x) { tempo disponível diário de trabalho por preparador	480 minutos
(-) pausa diária no trabalho por preparador }	70 minutos
(=) capacidade prática diária de trabalho por preparador	410 minutos
(=) capacidade prática anual por preparador	95.530 minutos
(x) quantidade de mão de obra do departamento de Preparação de Equipamento	4 preparadores
(=) capacidade prática anual do departamento de Preparação de Equipamento	382.120 minutos

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 62 – Capacidade prática anual estimada para o departamento de Engenharia da empresa ABC Ltda.

Cálculo da capacidade prática na perspectiva do TDABC	
Departamento de Engenharia (em minutos de trabalho de engenheiros)	
nº de dias no ano	365 dias
(-) dias dos finais de semana sem operação ao ano (sábados e domingos)	98 dias
(-) feriados ao ano	10 dias
(-) férias ao ano	20 dias
(-) faltas ao ano	4 dias
(=) capacidade prática de trabalho no ano	233 dias
(x) { tempo disponível diário de trabalho por engenheiro	480 minutos
(-) pausa diária no trabalho por engenheiro }	70 minutos
(=) capacidade prática diária de trabalho por engenheiro	410 minutos
(=) capacidade prática anual por engenheiro	95.530 minutos
(x) quantidade de mão de obra do departamento de Engenharia	3 engenheiros
(=) capacidade prática anual do departamento de Engenharia	286.590 minutos

Fonte: Elaborado pelo autor

5.3.1.4 Construção da Equação de Tempo com Base no TDABC

De posse das estimativas que possibilitam o cálculo das taxas do custo da capacidade de cada departamento, os gestores reúnem informações sobre o consumo que cada unidade dos produtos requer da capacidade produtiva. Inicialmente, são detalhadas as atividades que cada departamento de produção (Pré-tratamento, Pintura Eletrostática e Montagem) realiza em nível de unidade, juntamente com o consumo de recursos destas em termos de tempo, como mostra o diagrama de processo ilustrado na Figura 40.

Figura 40 - Diagrama do processo produtivo (departamentos de produção) da empresa ABC Ltda.

Fonte: Elaborado pelo autor

O início do processo produtivo da empresa ABC Ltda dá-se com a realização do pré-tratamento químico das peças do *kit* de montagem básica em aço carbono, *kit* este adquirido de fornecedores já com os processos de conformação mecânica das peças realizados. Os tempos unitários estimados consideram que os *kits* são processados nos departamentos de Pré-tratamento e de Pintura Eletrostática em grupos, por exemplo. Conforme se observa na Figura 40, o pré-tratamento principia-

se com o desengraxe das peças do *kit* básico. O desengraxe serve para remover graxas, óleos, solúveis e lubrificantes que restam na superfície após serem realizadas operações de manufatura mecânicas (ex: usinagem, fresagem, prensagem, etc.).

Após o desengraxe, faz necessário enxaguar as peças para que estas adentrem no processo posterior, a decapagem. A decapagem serve para remover ferrugem eventualmente formada pela ação do tempo durante a armazenagem ou transporte das peças metálicas que compõem o *kit* de montagem. As peças decapadas do *kit* são enxaguadas e seguem para o processo seguinte, a refinagem. A refinagem serve para preparar a superfície das peças para o processo de fosfatização, realizado após enxague das peças refinadas. Convém observar que a fosfatização pode ser realizada de duas formas (rápida e normal), a depender no nível de proteção que se deseja para o produto. A fosfatização é o processo central de pré-preparação por proporcionar o depósito de uma camada de cristais de fosfato pequenos e insolúveis sobre a superfície das peças, cristais esses que, após receberem o revestimento de tinta, proporcionam alta proteção anticorrosiva ao produto. Após a realização da fosfatização, o *kit* de montagem básico é enxaguado e segue para o processo de selagem/passivação que, por sua vez, serve para selar os poros eventualmente existentes na superfície fosfatizada das peças.

Após novamente enxaguadas, as peças do *kit* básico fosfatizadas são secadas em estufa para ficarem aptas a adentrarem no departamento de Pintura Eletrostática. Desta forma, o processo segue com a realização da primeira aplicação de tinta no *kit* básico de montagem. Em seguida, ainda no departamento de Pintura Eletrostática, é realizada a secagem/cura da tinta aplicada. Caso seja necessário reforçar a pintura, uma segunda aplicação de tinta é realizada no *kit* e esta é secada/curada através de estufa (para obter mais informações acerca dos processos de pré-tratamento e de pintura eletrostática, consultar Nunes e Lobo (1998), Gnecco, Mariano e Fernandes (2003) e WEG (2014)). Na sequência do processo, dá-se início à montagem do *kit* básico devidamente pintado. O *kit* básico pode receber, dependendo do produto, a adição ou não de dispositivo(s) de ajuste e de dobradiça(s). Finalmente, o processo produtivo é encerrado com a embalagem do produto em que também é colocado o manual de uso.

Com base na estrutura proposta por Kaplan e Anderson (2010a, p. 38), as informações sobre as atividades básicas dos departamentos, sobre os direcionadores de cada atividade e sobre os tempos-padrão de cada atividade expostas na Figura 40, são apresentadas de forma consolidada no Quadro 63.

Quadro 63 - Informações necessárias para a construção da equação de tempo do processo produtivo da empresa ABC Ltda.

Departamento	Atividade	Direcionadores-chave	Tempo
Pré-tratamento	Realizar desengraxe	Desengravar peças do <i>kit</i> básico	2 minutos
		Enxaguar peças desengraxadas	0,3 minuto
	Realizar decapagem	Realizar decapagem das peças do <i>kit</i> básico	2 minutos
		Enxaguar peças decapadas	0,3 minuto
	Realizar refinagem	Realizar refinagem das peças do <i>kit</i> básico	2 minutos
		Enxaguar peças refinadas	0,3 minuto
	Realizar fosfatização	Realizar fosfatização rápida das peças do <i>kit</i> básico	2 minutos
		Realizar fosfatização normal das peças do <i>kit</i> básico	4 minutos
		Enxaguar peças fosfatizadas	0,3 minuto
	Realizar selagem / passivação	Aplicar selador nas peças do <i>kit</i> básico	1 minuto
		Enxaguar peças seladas	0,3 minuto
	Realizar secagem	Secar as peças fosfatizadas do <i>kit</i> básico	1,5 minuto
Pintura Eletrostática	Pintar <i>kit</i> básico	Realizar pintura do <i>kit</i> básico	0,5 minuto por pintura
	Curar/secar tinta	Realizar secagem da tinta	1,5 minutos por secagem
Montagem	Montar <i>kit</i> básico	Realizar montagem do <i>kit</i> básico	5 minutos
	Montar acessórios	Montar dispositivo de ajuste	3 minutos por item
		Montar dobradiça	3 minutos por item
	Embalar produto	Embalar produto	1 minuto

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base no Quadro 63 e na estrutura proposta por Kaplan e Anderson (2010a, p. 32), os gestores da empresa ABC Ltda constroem a equação de tempo de processamento no sistema produtivo por unidade de produto, sendo expressa da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 \text{Tempo de processamento (em minutos)} = & 2 \text{ desengravar peças do kit básico} \\
 & + 0,3 \text{ enxaguar peças desengraxadas} \\
 & + 2 \text{ realizar decapagem das peças do kit básico} \\
 & + 0,3 \text{ enxaguar peças decapadas} \\
 & + 2 \text{ realizar refinagem das peças do kit básico} \\
 & + 0,3 \text{ enxaguar peças refinadas} \\
 & + 2 \{ \text{realizar fosfatização rápida das peças do kit} \} \\
 & + 4 \{ \text{realizar fosfatização normal das peças do kit} \} \\
 & + 0,3 \text{ enxaguar peças fosfatizadas} \\
 & + 1 \text{ aplicar selador nas peças do kit básico} \\
 & + 0,3 \text{ enxaguar peças seladas} \\
 & + 1,5 \text{ secar as peças fosfatizadas do kit básico} \\
 & + 0,5 (\text{realizar pintura do kit básico}) \times n^{\circ} \text{ pinturas} \\
 & + 1,5 (\text{realizar secagem do kit básico}) \times n^{\circ} \text{ secagens}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+ 5 \text{ realizar montagem básica do kit} \\
 &+ 3 \{ \text{se adicionar dispositivo de ajuste} \} \times n^{\circ} \text{ itens} \\
 &+ 3 \{ \text{se adicionar dobradiça} \} \times n^{\circ} \text{ itens} \\
 &+ 1 \text{ embalar produto}
 \end{aligned}$$

5.3.1.5 Cálculo da Taxa de Custo Flexível da Capacidade dos Departamentos com Base no TDABC

Com base no diagrama de fluxo de processos e na equação de tempo, os gestores da empresa ABC Ltda. conseguem quantificar o tempo total que cada produto consome das atividades dos departamentos. Ainda, de posse dos valores dos custos departamentais e da capacidade prática, os gestores calculam a taxa de custo da capacidade.

De forma complementar, conhecendo o poder discricionário sobre os custos de cada departamento, os gestores são possibilitados de calcular a taxa do custo flexível e a taxa do custo comprometido de cada departamento. Os valores das taxas de custos da capacidade são importantes para facilitar a visualização e a compreensão dos resultados obtidos com a aplicação do modelo proposto. Nesse sentido, o Quadro 64 apresenta, de forma agrupada, o cálculo do consumo (em minutos) da capacidade do departamento de Pré-tratamento, juntamente ao valor da taxa do custo (total, flexível e comprometido) da capacidade obtido com base no TDABC, seguindo procedimento similar apresentado no capítulo anterior desta tese.

Quadro 64 - Consumo das atividades e taxa de custo da capacidade do departamento de Pré-tratamento da empresa ABC Ltda.

Departamento	Produto		
Pré-tratamento (em nível de unidade)	A	B	C
· Desengraxar peças do kit básico (em minutos)	2,0	2,0	2,0
· Enxaguar peças desengraxadas (em minutos)	0,3	0,3	0,3
· Realizar decapagem das peças do kit básico (em minutos)	2,0	2,0	2,0
· Enxaguar peças decapadas (em minutos)	0,3	0,3	0,3
· Realizar refinagem das peças do kit básico (em minutos)	2,0	2,0	2,0
· Enxaguar peças refinadas (em minutos)	0,3	0,3	0,3
· Realizar fosfatização rápida das peças do kit básico (em minutos)	2,0	2,0	-
· Realizar fosfatização normal das peças do kit básico (em minutos)	-	-	4,0
· Enxaguar peças fosfatizadas (em minutos)	0,3	0,3	0,3
· Aplicar selador nas peças do kit básico (em minutos)	1,0	1,0	1,0
· Enxaguar peças seladas (em minutos)	0,3	0,3	0,3
· Secar as peças fosfatizadas do kit básico (em minutos)	1,5	1,5	1,5
Consumo unitário da capacidade do departamento (em minutos)	12,0	12,0	14,0

	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
Custos do departamento	R\$ 3.587.400	R\$ 717.480	R\$ 2.869.920
Direcionador de custos = capacidade prática (em minutos-máquina dos equipamentos de pré-tratamento)	5.568.000		
Taxa do custo da capacidade	R\$ 0,644	R\$ 0,129	R\$ 0,515

Fonte: Elaborado pelo autor

No Quadro 64, o valor da taxa do custo da capacidade do departamento de Pré-tratamento é calculado pela divisão do custo estimado total (R\$ 3.587.400,00) pela capacidade prática total (5.568.800 minutos de equipamentos), resultando em uma taxa de R\$ 0,644 por minuto de processamento. Convém recordar que o custo total anual estimado do departamento de Pré-tratamento é passível de controle gerencial, sendo desagregado em custo flexível (20%) e em custo comprometido (80%). O custo flexível e o custo comprometido são divididos pela capacidade prática do departamento, gerando, respectivamente, uma taxa do custo flexível da capacidade de R\$ 0,129 por minuto de processamento e uma taxa do custo comprometido da capacidade de R\$ 0,515 por minuto de processamento. Ressalta-se que os valores das taxas calculadas através do *software* Microsoft Excel[®] são apresentados com arredondamento de três casas decimais, porém os valores realmente considerados na modelagem executada estão sem arredondamento.

O Quadro 65 apresenta, de forma similar à ilustração anterior, o cálculo do consumo (em minutos) da capacidade do departamento de Pintura Eletrostática, juntamente ao valor da taxa do custo (total, flexível e comprometido) da capacidade.

Quadro 65 - Consumo das atividades e taxa de custo da capacidade do departamento de Pintura Eletrostática da empresa ABC Ltda.

Departamento	Produto		
Pintura Eletrostática (em nível de unidade)	A	B	C
· Realizar pintura do kit básico (em minutos)	0,5	1,0	1,0
· Curar/secar tinta (em minutos)	1,5	3,0	3,0
Consumo unitário da capacidade do departamento (em minutos)	2,0	4,0	4,0
	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
Custos do departamento	R\$ 2.130.000	R\$ 426.000	R\$ 1.704.000
Direcionador de custos = capacidade prática (em minutos-máquina dos equipamentos de pintura)	1.366.080		
Taxa do custo da capacidade	R\$ 1,559	R\$ 0,312	R\$ 1,247

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 66 expõe, de forma agregada, o cálculo do consumo (em minutos) da capacidade do departamento de Montagem, juntamente ao valor da taxa do custo (total, flexível e comprometido) da capacidade.

Quadro 66 - Consumo das atividades e taxa de custo da capacidade do departamento de Montagem da empresa ABC Ltda.

Departamento	Produto		
Montagem (em nível de unidade)	A	B	C
· Realizar montagem do kit básico (em minutos)	5,0	5,0	5,0
· Montar dispositivo de ajuste (em minutos)	-	3,0	6,0
· Montar dobradiça (em minutos)	-	-	6,0
· Embalar produto (em minutos)	1,0	1,0	1,0
Consumo unitário da capacidade do departamento (em minutos)	6,0	9,0	18,0
	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
Custos do departamento	R\$ 2.244.000	R\$ 897.600	R\$ 1.346.400
Direcionador de custos = capacidade prática (em minutos de mão de obra de operários)	5.731.800		
Taxa do custo da capacidade	R\$ 0,392	R\$ 0,157	R\$ 0,235

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base no Quadro 66, pode-se observar que o valor da taxa do custo da capacidade do departamento de Montagem é calculado pela divisão do custo estimado total (R\$2.244.000,00) pela capacidade prática total (5.731.800 minutos de mão de obra de operários), o que gera uma taxa de R\$ 0,392 por minuto de montagem. Convém lembrar que o custo total anual estimado do departamento de Montagem é passível de controle gerencial, sendo desagregado em dois componentes: custo flexível (40%) e custo comprometido (60%). O custo flexível e o custo comprometido são divididos pela capacidade prática do departamento para se calcular, respectivamente, a taxa do custo flexível da capacidade (R\$ 0,157 por

minuto de montagem) e a taxa do custo comprometido da capacidade (R\$ 0,235 por minuto de montagem).

O cálculo do consumo (em minutos) da capacidade do departamento de Preparação de Equipamento/*Setup* (com ocorrência em nível de lote), juntamente ao valor da taxa do custo (total, flexível e comprometido) da capacidade, é apresentado no Quadro 67.

Quadro 67 - Consumo das atividades e taxa de custo da capacidade do departamento de Preparação de Equipamento/*Setup*

Departamento	Produto		
Preparação de Equipamento / <i>Setup</i> (em nível de lote)	A	B	C
Fazer preparação/ <i>setup</i> de equipamentos (em minutos por lote)	240	300	300
Quantidade de produtos por lote	2.000	1.600	1.000
Consumo unitário da capacidade do departamento (em minutos)	0,120	0,188	0,300
	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
Custos do departamento	R\$ 111.600	R\$ 22.320	R\$ 89.280
Direcionador de custos = capacidade prática (em minutos de mão de obra de preparadores)	382.120		
Taxa do custo da capacidade	R\$ 0,292	R\$ 0,058	R\$ 0,234

Fonte: Elaborado pelo autor

Ao analisar o Quadro 67, pode-se verificar 120 minutos de mão de obra de preparadores são necessários para realizar um *setup* de equipamentos (dos departamentos de Pré-tratamento e de Pintura Eletrostática) para processar um lote de 2.000 unidades que para o produto A. Desta forma, estima-se que cada unidade do produto A consome 0,120 minuto do departamento de Preparação de Equipamento. Por sua vez, estimima-se que cada unidade dos produtos dos tipos B e C consomem, respectivamente, 0,188 e 0,300 minuto do departamento de Preparação de Equipamento por lote processado.

Como o custo total anual estimado do departamento de Montagem também é passível de controle gerencial, este é desagregado em dois componentes: custo flexível (20%) e custo comprometido (80%). O custo flexível e o custo comprometido são divididos pela capacidade prática do departamento, gerando, respectivamente, uma taxa do custo flexível da capacidade igual a R\$ 0,058 por minuto de *setup* e uma taxa do custo comprometido da capacidade de R\$ 0,234 por minuto de *setup*. O Quadro 68 apresenta dados para o cálculo da taxa do custo (total, flexível e comprometido) da capacidade do departamento de Engenharia.

Quadro 68 - Consumo das atividades e taxa de custo da capacidade do departamento de Engenharia da empresa ABC Ltda.

Departamento	Produto		
Engenharia (em nível de produto)	A	B	C
Realizar projetos de melhoria (em minutos por tipo de produto)	72.000	80.000	84.000
	Custo Total	Custo Flexível	Custo Comprometido
Custos do departamento	R\$ 435.600	R\$ 87.120	R\$ 348.480
Direcionador de custos = capacidade prática (em minutos de mão de obra de engenheiros)	286.590		
Taxa do custo da capacidade	R\$ 1,520	R\$ 0,304	R\$ 1,216

Fonte: Elaborado pelo autor

Para o departamento de Engenharia, estima-se que a produção de produtos do tipo A, B e C exige, respectivamente, o emprego de 72.000, 80.000 e 84.000 minutos de mão de obra de engenheiros para a realização de projetos de melhoria no processo produtivo dos produtos. Como se trata de um departamento com hierarquia em nível de produto, o direcionamento dos custos do departamento de Engenharia para cada tipo de produto depende da decisão de se produzir ou não determinado tipo de produto (variável binário), independentemente da quantidade produzida.

Por exemplo, caso fosse decidida a produção do produto do tipo A no horizonte de análise, os custos referentes às 72.000 horas de engenharia seriam direcionados ao produto A. Lógica similar é aplicada aos produtos dos tipos B e C. Sabendo que o custo total anual estimado do departamento de Montagem também é parcialmente discricionário (o custo flexível representa 20% do custo total e o custo comprometido representa 80% do custo total), pode-se calcular a taxa de custo flexível (R\$ 0,304 por minuto de engenharia) e a taxa de custo comprometido (R\$ 1,216 por minuto de engenharia) da capacidade.

5.3.2 O Dilema da Decisão de *Mix* de Produtos para Operações com Múltiplas Restrições

Neste ponto do exemplo didático/ilustrativo, cabe explicar, numericamente, o porquê de os gestores da empresa ABC Ltda. demandarem o uso do modelo de decisão de *mix* de produtos proposto para operações com múltiplas restrições. O Quadro 69 apresenta a identificação das restrições do processo produtivo analisado através de cálculos que consideram e confrontam estimativas de consumo anual dos

produtos demandados (capacidade requerida) com a disponibilidade dos departamentos em termos de capacidade disponibilizada.

Quadro 69 – Identificação das restrições do processo produtivo da empresa ABC Ltda.

Produto	Demanda	Pré-tratamento (em minutos-máquina)		Pintura (em minutos-máquina)		Montagem (em minutos de operadores)		Setup (em minutos de preparadores)		Engenharia (em minutos de engenheiros)	
		Cons. Unit.	Cons. Total	Cons. Unit.	Cons. Total	Cons. Unit.	Cons. Total	Cons. Unit.	Cons. Total	Cons. Unit.	Cons. Total
A	200.000	12,00	2.400.000	2,00	400.000	6,00	1.200.000	0,12	24.000	0,36	72.000
B	160.000	12,00	1.920.000	4,00	640.000	9,00	1.440.000	0,19	30.000	0,50	80.000
C	120.000	14,00	1.680.000	4,00	480.000	18,00	2.160.000	0,30	36.000	0,70	84.000
(1) Capacidade requerida		6.000.000		1.520.000		4.800.000		90.000		236.000	
(2) Capacidade disponibilizada		5.568.000		1.366.080		5.731.800		382.120		286.590	
(2) - (1) Excesso (ou falta) de capacidade		-432.000		-153.920		931.800		292.120		50.590	
É uma restrição?		Sim		Sim		Não		Não		Não	

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base no Quadro 69, os gestores estimam que a capacidade de toda a planta produtiva da empresa ABC Ltda. para o ano em análise estará limitada à capacidade de produção disponibilizada pelos departamentos de Pré-tratamento (5.568.000 minutos-máquina) e de Pintura Eletrostática (1.336.080 minutos-máquina), ou seja, a ABC Ltda. possui uma operação com múltiplas restrições, considerando o horizonte de análise (ano) relacionado à decisão de *mix* de produtos da empresa.

De forma ilustrativa, pode-se simular que, caso os gestores optassem por explorar apenas uma das restrições na definição dos critérios de decisão de *mix* de produtos, diferentes resultados seriam obtidos. Por exemplo, considerando os procedimentos de cálculo da medida de lucratividade e da métrica de decisão de *mix* de produtos apresentados no capítulo anterior (lucro unitário (flexível) calculado pelo TDABC dividido pelo consumo unitário do recurso limitante), ter-se-iam os resultados apresentados nos Quadros 70 e 71.

Quadro 70 – Medidas de lucratividade dos produtos da empresa ABC Ltda.

ITEM (POR UNIDADE)	PRODUTO A			PRODUTO B			PRODUTO C		
	TOTAL	FLEXÍVEL	COMPROM.	TOTAL	FLEXÍVEL	COMPROM.	TOTAL	FLEXÍVEL	COMPROM.
(1) Preço de venda (líquido de impostos)	R\$ 60,00			R\$ 80,00			R\$ 90,00		
(2) Despesa variável unitária com comissão sobre vendas	R\$ 0,30	R\$ 0,30	-	R\$ 0,40	R\$ 0,40	-	R\$ 0,45	R\$ 0,45	-
(3) Custo de material direto unitário	R\$ 36,00	R\$ 36,00	-	R\$ 44,00	R\$ 44,00	-	R\$ 57,80	R\$ 57,80	-
(4) Custo de Pré-tratamento (em nível de unidade)	R\$ 7,731	R\$ 1,546	R\$ 6,185	R\$ 7,731	R\$ 1,546	R\$ 6,185	R\$ 9,020	R\$ 1,804	R\$ 7,216
(5) Custo de Pintura (em nível de unidade)	R\$ 3,118	R\$ 0,624	R\$ 2,495	R\$ 6,237	R\$ 1,247	R\$ 4,989	R\$ 6,237	R\$ 1,247	R\$ 4,989
(6) Custo de Montagem (em nível de unidade)	R\$ 2,349	R\$ 0,940	R\$ 1,409	R\$ 3,524	R\$ 1,409	R\$ 2,114	R\$ 7,047	R\$ 2,819	R\$ 4,228
(7) Margem controlável unitária = (1) - (2) - (3) - (4) - (5) - (6)	-	R\$ 20,590	-	-	R\$ 31,397	-	-	R\$ 25,880	-
(8) Custo de Preparação de Equipamentos (em nível de lote)	R\$ 0,035	R\$ 0,007	R\$ 0,028	R\$ 0,055	R\$ 0,011	R\$ 0,044	R\$ 0,088	R\$ 0,018	R\$ 0,070
(9) Custo de Engenharia (em nível de produto)	R\$ 0,547	R\$ 0,109	R\$ 0,438	R\$ 0,760	R\$ 0,152	R\$ 0,608	R\$ 1,064	R\$ 0,213	R\$ 0,851
(10) Gasto unitário = (2) + (3) + (4) + (5) + (6) + (8) + (9)	R\$ 50,081	R\$ 39,526	R\$ 10,555	R\$ 62,707	R\$ 48,766	R\$ 13,941	R\$ 81,705	R\$ 64,350	R\$ 17,355
(11) Lucro unitário = (1) - (10)	R\$ 9,919	R\$ 20,474	R\$ 49,445	R\$ 17,293	R\$ 31,234	R\$ 66,059	R\$ 8,295	R\$ 25,650	R\$ 72,645

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 71 – Simulação da determinação de rankings de prioridade de produção/vendas dos produtos da empresa ABC Ltda. com base no modelo de Saraiva Jr. (2010)

	PRODUTO		
	A	B	C
Lucro unitário (flexível)	R\$ 20,48	R\$ 31,22	R\$ 30,58
SIMULAÇÃO 1			
Consumo unitário do recurso limitante (minutos-máquina de pintura por unidade)	R\$ 2,00	R\$ 4,00	R\$ 4,00
MEDPi = Lucro unitário flexível por minuto-máquina (<i>restrição - Pintura Eletrostática</i>)	R\$ 10,24	R\$ 7,81	R\$ 7,65
Ranking de prioridade de produção/venda	1°	2°	3°
SIMULAÇÃO 2			
Consumo unitário do recurso limitante (minutos-máquina de pré-tratamento por unidade)	12,0	12,0	14,0
MEDPi = Lucro unitário flexível por minuto-máquina (<i>restrição - Pré-tratamento</i>)	R\$ 1,71	R\$ 2,60	R\$ 2,18
Ranking de prioridade de produção/venda	3°	1°	2°

Fonte: Elaborado pelo autor

Vale destacar que, no Quadro 71, é apresentada a margem controlável unitária dos produtos, adaptando aos termos "*controllable margin*" explicitados por Balakrishnan, Labro e Sivaramakrishnan (2012, p. 38), sendo calculada pela diferença entre o preço de venda líquido e os custos flexíveis da empresa ABC Ltda. em nível de unidade (material direto unitário, comissão sobre vendas e custos flexíveis dos departamentos em nível de unidade). Ainda, como pode ser observado no Quadro 71, dois resultados em termos de *rankings* de prioridade de produção/venda seriam gerados nas simulações.

Por exemplo, considerando o consumo da capacidade do departamento de Pintura Eletrostática no cálculo da métrica de decisão de *mix* de produtos, os produtos A e B deveriam ser priorizados em detrimento do produto C. Caso fosse considerado o consumo da capacidade do departamento de Pré-tratamento no cálculo da métrica de decisão de *mix* de produtos, os produtos B e C deveriam ser priorizados em detrimento do produto A. Os dois *rankings* de priorização gerariam, consequentemente, dois *mix* de produtos, o que ilustra a não aderência/aplicabilidade do modelo de Saraiva Jr. (2010) no contexto do corrente exemplo didático (operação com múltiplas restrições do tipo *hard*). Eis o "dilema" da decisão de *mix* de produtos para operações com múltiplas restrições.

5.3.3 Estruturação dos Índices e das Variáveis de Decisão do Modelo

Nesse sentido, depois de identificadas e organizadas as informações acerca da empresa ABC Ltda, com destaque ao detalhamento das informações sobre as operações com múltiplas restrições, os gestores passam a modelar o problema de decisão de *mix* de produtos à luz do modelo proposto baseado em programação

linear. Inicialmente, os produtos, os custos diretos/variáveis unitários, as despesas variáveis unitárias e os departamentos da empresa ABC Ltda, além das variáveis de decisão, são categorizados com relação aos índices e às variáveis de decisão do modelo proposto, conforme mostram o Quadro 72 e 73, respectivamente.

Quadro 72 – Categorização dos índices do modelo proposto com relação à empresa ABC Ltda.

Índices do Modelo		Categorização para a Empresa ABC Ltda.
i	Índice dos produtos ($i = 1, 2, \dots, n$).	$i=1$: Produto A $i=2$: Produto B $i=3$: Produto C
j	Índice dos elementos de gastos que representam custos diretos/variáveis unitários ($j = 1, 2, \dots, m$).	$j=1$: Kit básico de montagem em aço carbono $j=2$: Dispositivo de ajuste $j=3$: Dobradiça $j=4$: Tinta em pó $j=5$: Embalagem $j=6$: Manual de uso $j=7$: Composto para desengraxe $j=8$: Composto para decapagem $j=9$: Composto para fosfatização $j=10$: Composto para selagem/passivação $j=11$: Água (pré-tratamento)
k	Índice dos elementos de gastos que representam despesas variáveis unitárias ($k = 1, 2, \dots, N$).	$k=1$: Comissão sobre venda
w	Índice dos departamentos que carregam gastos ($w = 1, 2, \dots, M$).	$w=1$: Pré-tratamento $w=2$: Pintura Eletrostática $w=3$: Montagem $w=4$: Preparação de Equipamento/Setup $w=5$: Engenharia $w=6$: Planejamento e Controle da Produção $w=7$: Compras $w=8$: Segurança do Trabalho $w=9$: Recursos Humanos $w=10$: Segurança Patrimonial & Serviços Gerais $w=11$: Controladoria $w=12$: Administração Geral/Direção $w=13$: Comercial

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 73 – Categorização das variáveis de decisão do modelo proposto com relação à empresa ABC Ltda.

Variáveis de Decisão do Modelo		Categorização para a Empresa ABC Ltda.
X_{i1}	Quantidade a ser produzida/vendida do produto do tipo i	$X_{1,1}$: Quantidade a ser produzida/vendida do Produto A $X_{2,1}$: Quantidade a ser produzida/vendida do Produto B $X_{3,1}$: Quantidade a ser produzida/vendida do Produto C $X_{1,1}, X_{2,1}, X_{3,1} \in \mathbb{Z}^+$, no caso da empresa ABC Ltda
X_{i2}	Variável binária	$X_{1,2}=1$: Produzir o produto A $X_{1,2}=0$: Não produzir o produto A $X_{2,2}=1$: Produzir o produto B

		$X_{2,2}=0$: Não produzir produto B $X_{3,2}=1$: Produzir produto C $X_{3,2}=0$: Não produzir produto C
L_{iw2}	Número inteiro de lotes necessários do departamento em nível de lote w para realizar a produção do produto do tipo i	$L_{1,4,2}=0$: número de lotes do departamento de Preparação de Equipamentos/ <i>Setup</i> para produzir o produto A $L_{2,4,2}=0$: número de lotes do departamento de Preparação de Equipamentos/ <i>Setup</i> para produzir o produto B $L_{3,4,2}=0$: número de lotes do departamento de Preparação de Equipamentos/ <i>Setup</i> para produzir o produto C

Fonte: Elaborado pelo autor

5.3.4 Modelo Proposto de Decisão de *Mix* de Produtos parametrizado para a Empresa ABC Ltda.

De posse das informações acerca da empresa e após categorizarem os índices e as variáveis de decisão, na sequência, os gestores detalham matematicamente a função objetivo construída para a empresa ABC Ltda. conforme o modelo de decisão de *mix* de produtos proposto e os parâmetros estruturados na seção 5.3.1, como mostram as expressões apresentadas a seguir.

$$\begin{aligned} \text{Maximizar } Z = & \sum_{i=1}^n \left[P_i - \left(\sum_{j=1}^m c_{ij} + \sum_{k=1}^N d_{ik} + \sum_{w=1}^M \frac{G_{w1}^*}{C_{w1}} q_{iw1} \right) \right] X_{i1} - \sum_{i=1}^n \sum_{w=1}^M \frac{G_{w2}^*}{C_{w2}} q_{iw2} L_{iw2} \\ & - \sum_{i=1}^n \sum_{w=1}^M \frac{G_{w3}^*}{C_{w3}} q_{iw3} X_{i2} - \sum_{w=1}^M \sum_{y=1}^4 G_{wy} = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maximizar } Z = & \left[60 - \left(36 + 0,3 + \frac{717.480}{5.568.000} \times 12 + \frac{426.000}{1.366.080} \times 2 + \frac{897.600}{5.731.800} \times 6 \right) \right] \times X_{1,1} \\ & + \left[80 - \left(44 + 0,4 + \frac{717.480}{5.568.000} \times 12 + \frac{426.000}{1.366.080} \times 4 + \frac{897.600}{5.731.800} \times 9 \right) \right] \times X_{2,1} \\ & + \left[90 - \left(57,8 + 0,45 + \frac{717.480}{5.568.000} \times 14 + \frac{426.000}{1.366.080} \times 4 + \frac{897.600}{5.731.800} \times 18 \right) \right] \times X_{3,1} \\ & - \left(\frac{22.320}{382.120} \times 240 \times L_{1,1,2} + \frac{22.320}{382.120} \times 300 \times L_{2,1,2} + \frac{22.320}{382.120} \times 300 \times L_{3,1,2} \right) \\ & - \left(\frac{87.120}{286.590} \times 72.000 \times X_{1,2} + \frac{87.120}{286.590} \times 80.000 \times X_{2,2} + \frac{87.120}{286.590} \times 84.000 \times X_{3,2} \right) \\ & - (2.869.920 + 1.704.000 + 1.346.400 + 89.280 + 348.480 + 260.000 + 180.000 \\ & + 160.000 + 220.000 + 260.000 + 880.000 + 200.000) = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maximizar } Z = & 20.590 X_{1,1} + 31.397 X_{2,1} + 25.880 X_{3,1} \\ & - (14.019 L_{1,1,2} + 17.523 L_{2,1,2} + 17.523 L_{3,1,2}) \\ & - (21.887,159 X_{1,2} + 24.319,062 X_{2,2} + 25.535,015 X_{3,2}) \\ & - (8.678.080) \end{aligned}$$

Ressalta-se que, para facilitar a visualização, os valores das variáveis da função objetivo são apresentados com arredondamento de três casas decimais, porém os valores realmente considerados na modelagem executada através do aplicativo Solver[®] na plataforma do *software* Microsoft Office Excel 2007[®] estão sem arredondamento. Na sequência do exemplo numérico/didático, são detalhadas matematicamente as restrições estabelecidas para a empresa ABC Ltda. conforme o modelo de decisão de *mix* de produtos proposto. Para organizar as informações de forma a facilitar a compreensão da modelagem, as expressões que representam as restrições são apresentadas e quantificadas (já com os parâmetros) no Quadro 74.

Quadro 74 – Caracterização das restrições da empresa ABC Ltda. sob a perspectiva do modelo de decisão de *mix* de produtos proposto

$\text{Sujeito a } \sum_{i=1}^n q_{iw1} X_{i1} \leq C_{w1} \quad w = 1, 2, \dots, M$				
Restrição	Produto A	Produto B	Produto C	Limite/Constante
Capacidade do departamento de Pré-tratamento	12 $X_{1,1}$	+ 12 $X_{2,1}$	+ 14 $X_{3,1}$	$\leq 5.568.000$
Capacidade do departamento de Pintura Eletrostática	2 $X_{1,1}$	+ 4 $X_{2,1}$	+ 4 $X_{3,1}$	$\leq 1.366.080$
Capacidade do departamento de Montagem	6 $X_{1,1}$	+ 9 $X_{2,1}$	+ 18 $X_{3,1}$	$\leq 5.731.800$
$X_{i1} \leq n_{iw} L_{iw2} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad w = 1, 2, \dots, M$ $\sum_{i=1}^n q_{iw2} L_{iw2} \leq C_{w2} \quad w = 1, 2, \dots, M$				
Restrição	Produto A	Produto B	Produto C	Limite/Constante
Capacidade do departamento de Preparação de Equipamento /Setup	$X_{1,1}$			$\leq 2.000 L_{1,4,2}$
		$X_{2,1}$		$\leq 1.600 L_{2,4,2}$
			$X_{3,1}$	$\leq 1.000 L_{3,4,2}$
	240 $L_{1,4,2}$	+ 300 $L_{2,4,2}$	+ 300 $L_{3,4,2}$	≤ 382.120
$\sum_{i=1}^n q_{iw3} C_{i2} \leq C_{w3} \quad w = 1, 2, \dots, M$				
Restrição	Produto A	Produto B	Produto C	Limite/Constante
Capacidade do departamento de Engenharia	72.000 $X_{1,2}$	+ 80.000 $X_{2,2}$	+ 84.000 $X_{3,2}$	≤ 286.590
$X_{i1} \leq D_i X_{i2} \quad i = 1, 2, \dots, n$				
Restrição	Produto A	Produto B	Produto C	Limite/Constante
Demanda do produto	$X_{1,1}$			$\leq 200.000 X_{1,2}$
		$X_{2,1}$		$\leq 160.000 X_{2,2}$

				$X_{3,1} \leq 120.000 X_{3,2}$
$X_{i1} \geq 0$		$i = 1, 2, \dots, n$		
Restrição	Produto A	Produto B	Produto C	Limite/Constante
Não negatividade	$X_{1,1}$			≥ 0
		$X_{2,1}$		≥ 0
			$X_{3,1}$	≥ 0
Variáveis binárias	$X_{1,2}, X_{2,2}, X_{3,2} = \begin{cases} 1, & \text{se o produto } X_{i1} \text{ é produzido} \\ 0, & \text{se o produto } X_{i1} \text{ não é produzido} \end{cases}$			
Variáveis inteiras	$X_{1,1}, X_{2,1}, X_{3,1} \in \mathbb{Z}^+$			
	$L_{1,4,2}, L_{2,4,2}, L_{3,4,2} \in \mathbb{Z}^+$			

Fonte: Elaborado pelo autor

De forma consolidada e resumida, o modelo proposto sob a perspectiva do TDABC parametrizado para a Empresa ABC Ltda. é apresentado na Figura 41.

Figura 41 – Modelo de decisão de *mix* de produtos da Empresa ABC Ltda

Maximizar $Z = 20,590 X_{1,1} + 31,397 X_{2,1} + 25,880 X_{2,1} -$ $(14,019 L_{1,1,2} + 17,523 L_{2,1,2} + 17,523 L_{3,1,2}) -$ $(21.887,159 X_{1,2} + 24.319,062 X_{2,2} + 25.535,015 X_{3,2}) -$ $(8.678.080)$				
<i>Sujeito a</i>				
$12 X_{1,1}$	$+ 12 X_{2,1}$	$+ 14 X_{3,1}$	$\leq$	$5.568.000$
$2 X_{1,1}$	$+ 4 X_{2,1}$	$+ 4 X_{3,1}$	$\leq$	$1.366.080$
$6 X_{1,1}$	$+ 9 X_{2,1}$	$+ 18 X_{3,1}$	$\leq$	$5.731.800$
$X_{1,1}$			$\leq$	$2.000 L_{1,4,2}$
	$X_{2,1}$		$\leq$	$1.600 L_{2,4,2}$
		$X_{3,1}$	$\leq$	$1.000 L_{3,4,2}$
$240 L_{1,4,2}$	$+ 300 L_{2,4,2}$	$+ 300 L_{3,4,2}$	$\leq$	382.120
$72.000 X_{1,2}$	$+ 80.000 X_{2,2}$	$+ 84.000 X_{3,2}$	$\leq$	286.590
$X_{1,1}$			$\leq$	$200.000 X_{1,2}$
	$X_{2,1}$		$\leq$	$160.000 X_{2,2}$
		$X_{3,1}$	$\leq$	$120.000 X_{3,2}$
$X_{1,1}$			$\geq$	0
	$X_{2,1}$		$\geq$	0
		$X_{3,1}$	$\geq$	0
$X_{1,2}, X_{2,2}, X_{3,2} = \begin{cases} 1, & \text{se o produto } X_{i1} \text{ é produzido} \\ 0, & \text{se o produto } X_{i1} \text{ não é produzido} \end{cases}$				
$X_{1,1}, X_{2,1}, X_{3,1} \in \mathbb{Z}^+$				
$L_{1,4,2}, L_{2,4,2}, L_{3,4,2} \in \mathbb{Z}^+$				

Fonte: Elaborado pelo autor

5.3.5 Solução do Modelo de Decisão de *Mix* de Produtos da Empresa ABC Ltda.

De posse da função objetivo e das restrições do modelo de decisão de mix de produtos sob a perspectiva do TDABC para operações com múltiplas restrições, os gestores são possibilitados de realizar a determinação do *mix* de produtos para o período/horizonte de planejamento (ano) e calcular o lucro operacional resultante. Convém explicitar os recursos computacionais utilizados na modelagem e na resolução do problema. Em termo de *software*, como plataforma principal de modelagem, foi utilizado o *software* Microsoft Office Excel 2007[®] e, como suplemento de resolução de problema de programação linear, foi utilizado o aplicativo Solver[®]. Em termos de *hardware*, foi utilizado um computador com processador Intel[®] Core[®] i5-3230M, 2.60 GHz, com 6,00 GB de memória ram instalada. A parametrização do aplicativo Solver[®] para a operacionalização do modelo proposto é apresentada na Figura 42.

Figura 42 – Parametrização do aplicativo Solver[®] integrado à plataforma do *software* Microsoft Office Excel 2007[®] para a solução do modelo de decisão da empresa ABC Ltda

Fonte: Elaborado pelo autor

Convém observar que, como o problema de decisão de *mix* de produtos da empresa ABC Ltda envolveu variáveis e restrições pertencentes ao conjunto dos números inteiros, então o aplicativo Solver[®] utilizou o algoritmo *branch-and-bound* e o método simplex para resolver o problema de otimização envolvendo programação linear inteira, de acordo com Fylstra *et al.* (1998), Ragsdale (2001) e Winston, Albright e Broadie (2001). Ainda, no menu “Opções”, foi utilizada a parametrização padrão do Solver[®], seguindo os procedimentos de Sobreiro (2012) e de Sobreiro e Nagano (2012). Para fins de simulação, foi reduzida a “tolerância” para zero, seguindo recomendação de Ragsdale (2001, p. 241), porém o mesmo resultado para a função objetivo foi encontrado para o problema de decisão de *mix* de produtos da empresa ABC Ltda. O Quadro 75 apresenta os resultados obtidos para a empresa ABC Ltda. com a operacionalização do modelo de decisão de *mix* de produtos proposto sob a perspectiva do TDABC.

Quadro 75 – Solução do modelo de decisão de *mix* de produtos da Empresa ABC Ltda.

Função objetivo (Z)		R\$ 2.496.906,70				
Variáveis de Decisão	Produto A	Produto B	Produto C			
Mix de produtos (X_{i1})	200.000,00	160.000,00	81.520,00			
Variável binária (X_{i2})	1,00	1,00	1,00			
Número de lotes (L_{iw2})	100,00	100,00	82,00			
Restrições		Coeficientes das Variáveis		(1) Soma/Valor	(2) Limite	(3) Folga = (2)-(1)
	Produto A	Produto B	Produto C			
Pré-tratamento	12,00	12,00	14,00	5.461.280,00	≤ 5.568.000,00	106.720,00
Pintura Eletrostática	2,00	4,00	4,00	1.366.080,00	≤ 1.366.080,00	0,00
Montagem	6,00	9,00	18,00	4.107.360,00	≤ 5.731.800,00	1.624.440,00
Preparação de Equipamento/Setup	200.000,00			200.000,00	≤ 200.000,00	0,00
		160.000,00		160.000,00	≤ 160.000,00	0,00
			81.520,00	81.520,00	≤ 82.000,00	480,00
	24.000,00	30.000,00	24.600,00	78.600,00	≤ 382.120,00	303.520,00
Engenharia	72.000,00	80.000,00	84.000,00	236.000,00	≤ 286.590,00	50.590,00
Demanda	200.000,00			200.000,00	≤ 200.000,00	0,00
		160.000,00		160.000,00	≤ 160.000,00	0,00
			81.520,00	81.520,00	≤ 120.000,00	38.480,00
	200.000,00			200.000,00	≥ 0,00	
Não negatividade		160.000,00		160.000,00	≥ 0,00	
			81.520,00	81.520,00	≥ 0,00	

Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados expostos no Quadro 75 permitem os gestores da empresa ABC Ltda. concluir que o *mix* de produtos que maximiza o lucro operacional do período em

análise (horizonte de um ano) deve ser composto por 200.000 unidades do produto A, 160.000 unidades do produto B e 81.520 unidades do produto C. Como resultado, ter-se-ia um lucro operacional anual estimado de R\$ 2.496.906,60 para a empresa ABC Ltda. Ressalta-se que o tempo computacional exigido para se gerar a solução foi de cerca de 2 segundos e não foi realizada análise de sensibilidade, pois esta não é significativa para problemas de programação linear inteira.

A estrutura apresentada no Quadro 75 permite que os gestores da ABC Ltda. identifiquem os recursos/departamento que seriam integralmente utilizados e o que gerariam folga/ociosidade com o *mix* de produtos definido. Por exemplo, o departamento de Pintura Eletrostática seria a restrição dominante, pois não apresentaria folga/ociosidade. Já o departamento de Montagem apresentaria uma folga/ociosidade de 1.624.440 minutos no horizonte analisado (ano). Entretanto, nem toda essa ociosidade geraria custo para a empresa, pois parte dos custos do departamento de Montagem são passíveis de controle gerencial. Mesma lógica pode ser utilizada para os departamentos de Pré-tratamento, Preparação de Equipamento/*Setup* e Engenharia.

5.3.6 Análise dos Resultados Obtidos e Validação do Modelo

Esta seção visa auxiliar na compreensão dos resultados obtidos e ilustrar a composição dos gastos flexíveis e comprometidos da empresa ABC Ltda. relativos à capacidade que seria utilizada e que não seria utilizada pelo *mix* de produtos projetado para o horizonte de planejamento. Ainda, visa expor procedimentos complementares (aos apresentados nas seções anteriores e na metodologia da pesquisa) de validação do modelo proposto, no caso da empresa ABC Ltda. Para tal, quadros de análise foram construídos. Inicialmente, o Quadro 76 apresenta o consumo estimado anual da capacidade dos departamentos que seria utilizado/requerido pelo *mix* de produtos obtido na solução do problema. Por sua vez, o Quadro 77 apresenta o cálculo do lucro operacional estimado e dos custos evitáveis, sendo estruturado na forma de demonstração de resultado ajustada ao modelo proposto.

Quadro 76 - Consumo anual de recursos requerido pelo *mix* de produtos da empresa ABC Ltda.

		Consumo estimado da capacidade pelo <i>mix</i> de produtos (em minutos)				
Mix de produtos		Departamento de Pré-tratamento	Departamento de Pintura Eletrostática	Departamento de Montagem	Departamento de Preparação de Equipamento/Setup	Departamento de Engenharia
A	200.000	2.400.000	400.000	1.200.000	24.000	72.000
B	160.000	1.920.000	640.000	1.440.000	30.000	80.000
C	81.520	1.141.280	326.080	1.467.360	24.600	84.000
(1) Capacidade utilizada/requerida		5.461.280	1.366.080	4.107.360	78.600	236.000
(2) Capacidade disponibilizada		5.568.000	1.366.080	5.731.800	382.120	286.590
(2) - (1) Capacidade não utilizada		106.720	0	1.624.440	303.520	50.590

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 77 – Demonstração do resultado esperado da empresa ABC Ltda. para o período (ano)

		Mix de Produtos (em unidades)	Preço de Venda
		A	200.000
		B	160.000
		C	81.520
			R\$ 60,00
			R\$ 80,00
			R\$ 90,00
		(1) RECEITA LÍQUIDA ESPERADA	R\$ 32.136.800,00
GASTOS FLEXÍVEIS ESPERADOS DA CAPACIDADE UTILIZADA DOS DEPARTAMENTOS EM NÍVEL DE UNIDADE			
Despesa variável			R\$ 160.684,00
Custo de material direto			R\$ 18.951.856,00
Custo de Pré-tratamento (custo flexível da capacidade utilizada)			R\$ 703.728,30
Custo de Pintura Eletrostática (custo flexível da capacidade utilizada)			R\$ 426.000,00
Custo de Montagem (custo flexível da capacidade utilizada)			R\$ 643.212,66
			(2) TOTAL
			R\$ 20.885.480,96
(3) MARGEM CONTROLÁVEL TOTAL = (1) - (2)			R\$ 11.251.319,04
GASTOS FLEXÍVEIS DA CAPACIDADE UTILIZADA DOS DEPARTAMENTOS EM NÍVEL DE LOTE E EM NÍVEL DE PRODUTO			
Custo de Preparação de Equipamento/Setup (custo flexível da capacidade utilizada)			R\$ 4.591,10
Custo de Engenharia (custo flexível da capacidade utilizada)			R\$ 71.741,23
			(4) TOTAL
			R\$ 76.332,34
CUSTOS COMPROMETIDOS DA CAPACIDADE UTILIZADA			
Custo de Pré-tratamento (custo comprometido da capacidade utilizada)			R\$ 2.814.913,20
Custo de Pintura Eletrostática (custo comprometido da capacidade utilizada)			R\$ 1.704.000,00
Custo de Montagem (custo comprometido da capacidade utilizada)			R\$ 964.818,99
Custo de Preparação de Equipamento/Setup (custo comprometido da capacidade utilizada)			R\$ 18.364,41
Custo de Engenharia (custo comprometido da capacidade utilizada)			R\$ 286.964,93
			(5) TOTAL
			R\$ 5.789.061,53
CUSTOS COMPROMETIDOS DA CAPACIDADE NÃO UTILIZADA			
Custo de Pré-tratamento (custo comprometido da capacidade não utilizada)			R\$ 55.006,80
Custo de Pintura Eletrostática (custo comprometido da capacidade não utilizada)			R\$ 0,00
Custo de Montagem (custo comprometido da capacidade não utilizada)			R\$ 381.581,01
Custo de Preparação de Equipamento/Setup (custo comprometido da capacidade não utilizada)			R\$ 70.915,59
Custo de Engenharia (custo comprometido da capacidade não utilizada)			R\$ 61.515,07
			(6) TOTAL
			R\$ 569.018,47
CUSTOS COMPROMETIDOS DOS DEPARTAMENTOS EM NÍVEL DE INSTALAÇÕES			
Custo de Planejamento e Controle da Produção (custo comprometido em nível de instalações)			R\$ 260.000,00
Custo de Compras (custo comprometido em nível de instalações)			R\$ 180.000,00
Custo de Segurança do Trabalho (custo comprometido em nível de instalações)			R\$ 160.000,00
			(7) TOTAL
			R\$ 600.000,00
DESPESAS OPERACIONAIS COMPROMETIDAS			
Despesa de Recursos Humanos (despesa comprometida em nível de instalações)			R\$ 160.000,00
Despesa de Segurança Patrim. & Serv. Gerais (despesa comprometida em nível de instalações)			R\$ 220.000,00
Despesa de Controladoria (despesa comprometida em nível de instalações)			R\$ 260.000,00
Despesa Comercial (despesa comprometida em nível de instalações)			R\$ 200.000,00
Despesa de Administração Geral / Direção (despesa comprometida em nível de instalações)			R\$ 880.000,00
			(8) TOTAL
			R\$ 1.720.000,00
GASTOS FLEXÍVEIS EVITÁVEIS ESPERADOS			
Custo de Pré-tratamento (custo flexível da capacidade não utilizada)			R\$ 13.751,70
Custo de Pintura Eletrostática (custo flexível da capacidade não utilizada)			R\$ 0,00
Custo de Montagem (custo flexível da capacidade não utilizada)			R\$ 254.387,34
Custo de Preparação de Equipamento/Setup (custo flexível da capacidade não utilizada)			R\$ 17.728,90
Custo de Engenharia (custo flexível da capacidade não utilizada)			R\$ 15.378,77
			(9) TOTAL
			R\$ 301.246,70
(10) LUCRO OPERACIONAL ESPERADO = (3) - (4) - (5) - (6) - (7) - (8)			R\$ 2.496.906,70

Fonte: Elaborado pelo autor

No Quadro 77, a receita líquida esperada (anual) é calculada pela multiplicação das quantidades projetadas pelo *mix* de produtos pelos preços de venda líquidos dos produtos. Tanto os custos flexíveis dos três departamentos em nível de unidade, como também os custos de material direto e as despesas com comissão sobre vendas, são calculados a partir da multiplicação da quantidade dos produtos constantes no *mix* pelos custos unitários (flexíveis) dos departamentos, pelos custos unitários de material direto e pela comissão sobre venda unitária, respectivamente. A soma desses custos subtraída da receita líquida resulta na margem controlável total estimada para empresa ABC Ltda. no período.

Por exemplo, no caso do departamento de Montagem, que é dotado de uma capacidade prática de 5.731.800 minutos e que representa um custo de comprometido de R\$ 1.346.400,00 (60% sobre o custo total) para e um custo flexível de R\$ 897.600,00 (40% sobre o custo total) para a empresa no período em análise, o *mix* de produtos definido sob a perspectiva do TDABC consumiria apenas 4.107.360 minutos da capacidade, o que acarretaria uma capacidade não utilizada (osiosidade) de 1.624.440 minutos. Como a taxa do custo comprometido da capacidade do departamento de Montagem equivale a R\$ 0,235, então o custo da capacidade comprometida não utilizada deste departamento seria igual a R\$ 381.581,01. Por sua vez, o custo comprometido da capacidade utilizada seria igual a R\$ 964.818,99.

Para se calcular o custo flexível da capacidade utilizada de Montagem (R\$ 243.212,66), multiplica-se a taxa de custo flexível (R\$ 0,157) pela capacidade utilizada do departamento (4.107.360 minutos). Finalmente, para se valorar o custo flexível da capacidade não utilizada departamento de Montagem que poderia ser evitado, subtrae-se, do custo flexível total (R\$ 897.600,00), o custo flexível da capacidade utilizada (R\$ 243.212,66). Esse valor também pode ser encontrado através da multiplicação da taxa de custo flexível (R\$ 0,157) pela capacidade não utilizada do departamento (1.624.440 minutos).

Procedimento de cálculo similar aplica-se aos departamentos de Pré-tratamento, de Pintura Eletrostática, de Preparação de Equipamentos/Setup e de Engenharia, pois esses possuem custos que são passíveis de controle gerencial no horizonte de planejamento considerado na decisão de *mix* de produtos. No caso dos

departamentos em nível de instalações, seriam contabilizados integralmente os gastos comprometidos já que estes não são passíveis de controle gerencial.

Com base no Quadro 77, pode-se observar que os custos evitáveis consequentes da decisão de *mix* de produtos seriam valorados em R\$ 301.246,70, o que representaria, aproximadamente, 12% do lucro operacional estimado da empresa ABC Ltda. (R\$ 2.496.906,70) para o horizonte de decisão analisado. Vale destacar que os resultados do quadro analítico (Quadro 77) foram idênticos ao gerado na solução do problema via Solver[®], denotando uma consistência interna ao modelo proposto na forma de programação linear.

O modelo proposto pode ser utilizado em análise do tipo “se-então” e na simulação de cenários. Nesse sentido, de forma complementar aos resultados até aqui expostos, supõe-se que os gestores da ABC Ltda queiram estimar o lucro operacional da empresa considerando o seguinte cenário: aumento de 10.000 unidades aa demanda pelo produto A; redução de 10.000 unidades da demanda do produto B; redução de 20.000 unidades da demanda do produto C; e aumento de R\$ 5,00 do preço de venda líquido. O Quadro 78 apresenta os resultados gerados para cenário em termos de *mix* de produtos e de lucro operacional esperado.

Quadro 78 – Simulação de cenário de decisão de *mix* de produtos da empresa ABC Ltda.

Então: Função objetivo (Z)		R\$ 2.948.625,09				
Variáveis de Decisão	Produto A	Produto B	Produto C			
Mix de produtos (X _{it})	210.000,00	150.000,00	86.520,00			
Variável binária (X _{iz})	1,00	1,00	1,00			
Número de lotes (L _{iw2})	105,00	94,00	87,00			
Se: Demanda esperada	210.000	150.000	100.000			
Se: Preço de venda	R\$ 60,00	R\$ 80,00	R\$ 95,00			
Restrições	Coeficientes das Variáveis			(1) Soma/Valor	(2) Limite	(3) Folga = (2)-(1)
	Produto A	Produto B	Produto C			
Pré-tratamento	12,00	12,00	14,00	5.531.280,00	≤ 5.568.000,00	36.720,00
Pintura Eletrostática	2,00	4,00	4,00	1.366.080,00	≤ 1.366.080,00	0,00
Montagem	6,00	9,00	18,00	4.167.360,00	≤ 5.731.800,00	1.564.440,00
Preparação de Equipamento/Setup	210.000,00			210.000,00	≤ 210.000,00	0,00
		150.000,00		150.000,00	≤ 150.400,00	400,00
			86.520,00	86.520,00	≤ 87.000,00	480,00
	25.200,00	28.200,00	26.100,00	79.500,00	≤ 382.120,00	302.620,00
Engenharia	72.000,00	80.000,00	84.000,00	236.000,00	≤ 286.590,00	50.590,00
Demanda	210.000,00			210.000,00	≤ 210.000,00	0,00
		150.000,00		150.000,00	≤ 150.000,00	0,00
			86.520,00	86.520,00	≤ 100.000,00	13.480,00
Não negatividade	210.000,00			210.000,00	≥ 0,00	
		150.000,00		150.000,00	≥ 0,00	
			86.520,00	86.520,00	≥ 0,00	

Fonte: Elaborado pelo autor

Para auxiliar na compreensão dos resultados obtidos com a simulação de cenário, foram construídos dois quadros de análise. O Quadro 79 apresenta o consumo estimado anual da capacidade dos departamentos que seria utilizado/requerido pelo *mix* de produtos simulado.

Quadro 79 - Consumo anual de recursos requerido pelo *mix* simulado de produtos da empresa ABC Ltda.

		Consumo estimado da capacidade pelo <i>mix</i> de produtos (em minutos)				
<i>Mix</i> de produtos		Departamento de Pré-tratamento	Departamento de Pintura Eletrostática	Departamento de Montagem	Departamento de Preparação de Equipamento/Setup	Departamento de Engenharia
A	210.000	2.520.000	420.000	1.260.000	25.200	72.000
B	150.000	1.800.000	600.000	1.350.000	28.200	80.000
C	86.520	1.211.280	346.080	1.557.360	26.100	84.000
(1) Capacidade utilizada/requerida		5.531.280	1.366.080	4.167.360	79.500	236.000
(2) Capacidade disponibilizada		5.568.000	1.366.080	5.731.800	382.120	286.590
(2) - (1) Capacidade não utilizada		36.720	0	1.564.440	302.620	50.590

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 80 apresenta o cálculo do lucro operacional estimado e dos custos evitáveis, sendo estruturado na forma de demonstração de resultado ajustada ao modelo proposto.

Quadro 80 – Demonstração do resultado esperado da empresa ABC Ltda. com o *mix* de produtos simulado

		Mix de Produtos Simulado (em unidades)		Preço de Venda
		A	210.000	R\$ 60,00
		B	150.000	R\$ 80,00
		C	86.520	R\$ 95,00
(1) RECEITA LÍQUIDA ESPERADA			R\$ 32.819.400,00	
GASTOS FLEXÍVEIS ESPERADOS DA CAPACIDADE UTILIZADA DOS DEPARTAMENTOS EM NÍVEL DE UNIDADE				
Despesa variável			R\$ 164.097,00	
Custo de material direto			R\$ 19.160.856,00	
Custo de Pré-tratamento (custo flexível da capacidade utilizada)			R\$ 712.748,34	
Custo de Pintura Eletrostática (custo flexível da capacidade utilizada)			R\$ 426.000,00	
Custo de Montagem (custo flexível da capacidade utilizada)			R\$ 652.608,66	
(2) TOTAL			R\$ 21.116.310,01	
(3) MARGEM CONTROLÁVEL TOTAL = (1) - (2)			R\$ 11.703.089,99	
GASTOS FLEXÍVEIS DA CAPACIDADE UTILIZADA DOS DEPARTAMENTOS EM NÍVEL DE LOTE E EM NÍVEL DE PRODUTO				
Custo de Preparação de Equipamento/Setup (custo flexível da capacidade utilizada)			R\$ 4.643,67	
Custo de Engenharia (custo flexível da capacidade utilizada)			R\$ 71.741,23	
(4) TOTAL			R\$ 76.384,91	
CUSTOS COMPROMETIDOS DA CAPACIDADE UTILIZADA				
Custo de Pré-tratamento (custo comprometido da capacidade utilizada)			R\$ 2.850.993,37	
Custo de Pintura Eletrostática (custo comprometido da capacidade utilizada)			R\$ 1.704.000,00	
Custo de Montagem (custo comprometido da capacidade utilizada)			R\$ 978.912,99	
Custo de Preparação de Equipamento/Setup (custo comprometido da capacidade utilizada)			R\$ 18.574,69	
Custo de Engenharia (custo comprometido da capacidade utilizada)			R\$ 286.964,93	
(5) TOTAL			R\$ 5.839.445,99	
CUSTOS COMPROMETIDOS DA CAPACIDADE NÃO UTILIZADA				
Custo de Pré-tratamento (custo comprometido da capacidade não utilizada)			R\$ 18.926,63	
Custo de Pintura Eletrostática (custo comprometido da capacidade não utilizada)			R\$ 0,00	
Custo de Montagem (custo comprometido da capacidade não utilizada)			R\$ 367.487,01	
Custo de Preparação de Equipamento/Setup (custo comprometido da capacidade não utilizada)			R\$ 70.705,31	
Custo de Engenharia (custo comprometido da capacidade não utilizada)			R\$ 61.515,07	
(6) TOTAL			R\$ 518.634,01	
CUSTOS COMPROMETIDOS DOS DEPARTAMENTOS EM NÍVEL DE INSTALAÇÕES				
Custo de Planejamento e Controle da Produção (custo comprometido em nível de instalações)			R\$ 260.000,00	
Custo de Compras (custo comprometido em nível de instalações)			R\$ 180.000,00	
Custo de Segurança do Trabalho (custo comprometido em nível de instalações)			R\$ 160.000,00	
(7) TOTAL			R\$ 600.000,00	
DESPESAS OPERACIONAIS COMPROMETIDAS				
Despesa de Recursos Humanos (despesa comprometida em nível de instalações)			R\$ 160.000,00	
Despesa de Segurança Patrim. & Serv. Gerais (despesa comprometida em nível de instalações)			R\$ 220.000,00	
Despesa de Controladoria (despesa comprometida em nível de instalações)			R\$ 260.000,00	
Despesa Comercial (despesa comprometida em nível de instalações)			R\$ 200.000,00	
Despesa de Administração Geral / Direção (despesa comprometida em nível de instalações)			R\$ 880.000,00	
(8) TOTAL			R\$ 1.720.000,00	
GASTOS FLEXÍVEIS EVITÁVEIS ESPERADOS				
Custo de Pré-tratamento (custo flexível da capacidade não utilizada)			R\$ 4.731,66	
Custo de Pintura Eletrostática (custo flexível da capacidade não utilizada)			R\$ 0,00	
Custo de Montagem (custo flexível da capacidade não utilizada)			R\$ 244.991,34	
Custo de Preparação de Equipamento/Setup (custo flexível da capacidade não utilizada)			R\$ 17.676,33	
Custo de Engenharia (custo flexível da capacidade não utilizada)			R\$ 15.378,77	
(9) TOTAL			R\$ 282.778,09	
(10) LUCRO OPERACIONAL ESPERADO = (3) - (4) - (5) - (6) - (7) - (8)			R\$ 2.948.625,09	

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base no Quadro 80, pode-se observar que o lucro operacional da empresa seria aumentado no cenário projetado. Ainda, podem ser visualizadas quais alterações o novo *mix* simulado iria acarretar a empresa ABC Ltda. em termos de

consumo de capacidade e em termos de gastos por departamento. Ressalta-se que o aplicativo Solver[®] não permitiu a realização de análise de sensibilidade do problema de programação linear inteira abordado no exemplo didático.

Finalmente, pode-se visualizar que os custos evitáveis consequentes da decisão de *mix* de produtos seriam valorados em R\$ 282.778,09, o que representaria, aproximadamente, 9% do lucro operacional estimado da empresa ABC Ltda. (R\$ 2.948625,09) para o horizonte de decisão analisado.

5.5 ANÁLISE CRÍTICA DO MODELO PROPOSTO

Para finalizar este capítulo, passa-se a analisar o modelo de decisão de *mix* de produtos proposto sob a perspectiva do TDABC de forma ampla e sob a égide dos seguintes aspectos: (i) visualização do consumo dos recursos da organização; (ii) visualização dos gastos e das margens incrementais; (iii) horizonte de análise; (iv) tempos computacionais e porte dos problemas de decisão de *mix*; (v) erros de mensuração e de agregação; (vi) facilidade de implantação; (vii) flexibilidade / facilidade de manutenção/atualização; (viii) utilização do OEE; e (ix) capacidade de realizar simulação de cenários e análises se-então.

Analisando a solução sob a égide do aspecto (i), pode-se concluir que o modelo de decisão proposto, ao considerar a classificação dos gastos das atividades/departamentos em flexíveis e comprometidos, possibilita que sejam visualizados os gastos da capacidade não utilizada que podem ser evitados e a capacidade ociosa que efetivamente representa gastos para a empresa (capacidade não utilizada de departamentos com gastos comprometidos). Ainda, a utilização da classificação das atividades/departamentos em níveis de hierarquia permite que seja mensurado os gastos de forma segregada, por exemplo, dos gastos em nível de instalações. Esse procedimento é tido como benéfico para a modelagem de operações e tomada de decisões sobre produtos e tipos de produtos por Cooper e Kaplan (1990; 1992), Martins e Rocha (2010) e Balakrishnan, Labro e Sivaramakrishnan (2012a; 2012b), por exemplo.

Na perspectiva do aspecto (ii), pode-se concluir que o modelo proposto, ao considerar conceitualmente o ABC Operacional de Kee (2001) e a margem

controlável de Balakrishnan, Labro e Sivaramakrishnan (2012a), permite visualizar os gastos incrementais e a lucratividade incremental que uma unidade produzida e vendida de um produto pode gerar à empresa.

Analísado pelo aspecto (iii), o modelo proposto sob a perspectiva do TDABC para decisões de *mix* de produtos está alinhado conceitualmente com as proposições inerentes ao modelo geral de Kee e Schimdt (2000) no que tange ao horizonte de análise. Por exemplo, horizontes mais “curtos” de decisão podem ser contemplados pelo modelo proposto através do ajuste do controle gerencial sobre os gastos (tendem a diminuir em horizontes mais curtos). Por exemplo, uma forma extrema de redução de controle gerencial sobre gastos (que não sejam de material direto) pode ser observada pelo modelo da TOC exposto por Kee e Schimdt (2000) que considera, no curto prazo, todos os gastos como despesas operacionais, nos termos de Goldratt (1990) comprometidas do período. Desta forma, o nível de controle gerencial do modelo proposto pode ser adaptado para se assemelhar ao modelo da TOC para decisões de prazo muito curto. De forma inversa, horizontes mais longos de decisão também podem ser contemplados pelo modelo proposto através da ampliação do nível estimado de controle gerencial sobre os gastos da empresa, conforme estabelece o modelo ABC de Kee e Schimdt (2000).

Analísado pelo aspecto (v), o modelo proposto apresenta limitações por não lançar luz aos problemas relacionados com os erros de mensuração/medição, de agregação e de especificação de custos discutidos por Datar e Gupta (1994), Martins e Rocha (2010), Cardinals e Labro (2008), e Balakshinan, Labro e Sivaramakrishnan (2012). Essa limitação decorre do fato de modelo de decisão proposto ser baseado no TDABC que, por sua vez e de forma similar ao ABC, tem estrutura conceitual sujeita a erros, principalmente, de agregação (por prever o agrupamento de custos de recursos, muita vezes heterogêneos, em departamentos) e de mensuração (por ser fortemente pautado estimativas de tempo de trabalho que podem não ser constantes e que podem ser sobrestimadas quando mensuradas em minutos de forma desagregada, por exemplo). Desta forma, há de haver cuidados, por exemplo, ao se realizar o agrupamento de recursos em centros de recursos / departamentos. Ainda, pode-se fazer uso de ERP (*Enterprise Resource System*) na forma de um sistema de mensuração em tempo real (do inglês, *automatic real-time*

measurement system, nos termos de Cardinaels e Labro (2008)) para mitigar/corrigir erros de mensuração.

A análise do aspecto (iv) relaciona-se ao fato de aplicação do modelo proposto ser limitada para lidar com problemas de grande porte (*i.e.* grande número de produtos e de restrições), apesar da linearidade prevista no modelo. Testes preliminares foram realizados através do aplicativo Solver[®] integrado à plataforma do *software* Microsoft Office Excel 2007[®] e foi verificado um aumento substancial do tempo computacional necessário para operacionalizar o modelo proposto considerando, por exemplo, um problema com 10 produtos e 90 restrições e “tolerâncias” de 5% e 0%.

Esse fenômeno decorreu, por exemplo, do fato de o modelo proposto ser baseado em programação linear inteira que, por sua vez, trata-se de um problema NP-difícil (nos termos de Linhares, 2009). Ainda, o tempo computacional exigido pelo aplicativo Solver[®] também depende da “tolerância” parametrizada no menu “Opções” para problemas de programação linear inteira solucionados via simplex e *branch-and-bound*, conforme expõem Fylstra *et al.* (1998) e Ragsdale (2001). O aumento do tempo computacional para se encontrar soluções para problemas de programação linear inteira pode ser observado através dos experimentos computacionais apresentados por Sobreiro (2012) e Sobreiro e Nagano (2012), que consideraram problemas de decisão de *mix* de produtos no contexto da Teoria das Restrições e sem discricionariedade de gastos que não sejam de material direto.

Analisa-se positivamente o modelo proposto de decisão de *mix* de produtos pela perspectiva dos aspectos de análise (vi) e (vii) por este ser construído sob a perspectiva do TDABC, considerado na literatura como de simples implantação e manutenção quando comparado, por exemplo, ao método de custeio ABC (BALAKSHINAN; LABRO; SIVARAMAKRISHNAN, 2012a; 2012b).

No tocante ao aspecto (vi), o exemplo didático revelou que, ao se valer de informações proporcionadas pelo método de custeio TDABC, o modelo proposto para decisão de *mix* de produtos realiza o direcionamento dos custos dos recursos diretamente aos objetos de custos, evitando o estágio monótono e propenso a erros de alocar anteriormente os custos de recursos às atividades (ex: realização de entrevistas para se determinar a dedicação de cada funcionário às diversas atividades da empresa, como prevê o ABC). Para tal, dois parâmetros requeridos

pelo TDABC foram mensurados: a taxa do custo da capacidade para o departamento e o uso da capacidade por cada transação ou atividade processada no departamento, sendo ambos os parâmetros estimados de forma direta.

O numerador da expressão matemática que determinou a taxas do custo da capacidade de cada departamento (gastos anuais estimados) foi obtido pela consulta, por exemplo, a relatórios contábeis e a relatórios de folha de pagamento da empresa. Já o denominador da expressão matemática disse respeito à capacidade prática que levou em consideração todas as paradas no processo produtivo e nos departamentos de apoio estimadas para o período analisado. Convém ressaltar que a aplicação do OEE de forma conjunta ao TDABC (aspecto viii) mostrou-se útil à mensuração da capacidade prática dos departamentos de Pré-tratamento e de Pintura Eletrostática (intensivos em capital / equipamentos).

O aspecto (vii) relaciona-se à adoção das equações de tempo do TDABC no modelo de decisão de *mix* de produtos proposto. Ao se utilizar as equações de tempo, o modelo proposto pode ser flexibilizado para lidar com variações de processos, de atividades e de produtos. Apesar desse aspecto não ter sido explicitamente explorado no exemplo didático da empresa ABC Ltda., pode-se observar que a equação de tempo construída para os departamentos produtivos poderia ser manipulada (adição e subtração de termos) para lidar com mudanças nas operações da empresa, ou seja, com a complexidade que a operação pode apresentar, por exemplo, em termos de customizações de produtos/serviços que exijam usos adicionais da capacidade dos departamentos.

Por exemplo, caso o modelo inicial da empresa ABC Ltda. tenha omitido algumas variações importantes do processo produtivo, então os gestores podem acrescentar novos termos à equação de tempo para refletir a necessidade de aumento da capacidade de recursos (em termos de tempo, por exemplo) para atender a essa alteração não considerada no início. Desta forma, pode-se concluir que o modelo proposto é dotado de facilidade de atualização justamente por incorporar a flexibilidade inerente ao TDABC, tal como apontam Balakshinan, Labro e Sivaramakrishnan (2012b).

Finalmente, sob a égide do aspecto (ix), o modelo proposto pode ser utilizado para se realizar simulações de cenários empresariais. Por exemplo, podem ser

conjecturados diferentes preços de venda e quantidades demandadas para se projetar os resultados em termos de *mix* de produtos e de lucro operacional esperado. Nesse sentido, para se realizar análises do tipo “se-então”, considerações sobre elasticidade-preço da demanda de cada produto podem ser trabalhadas de forma integrada ao modelo TDABC de decisão de *mix* de produtos.

5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo, foi apresentada a proposição de um modelo para decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva do TDABC que pode ser aproveitado por empresas com operações que possuam múltiplas restrições em termos de capacidade produtiva e/ou de demanda de produtos. O modelo proposto foi construído na forma de um modelo de programação linear, tendo as expressões matemáticas componentes da função objetivo e das restrições detalhadas através de quadros explicativos.

O modelo proposto incorporou construtos teóricos do TDABC, do modelo “ABC operacional” desenvolvido por Kee (2001), do “modelo geral” proposto por Kee e Schimidt (2000), e da “margem controlável” exposta por Balakshinan, Labro e Sivaramakrishnan (2012b), além de fazer o uso da técnica OEE para mensuração de capacidade produtiva de departamentos intensivos em capital.

Este capítulo apresentou, ainda, a operacionalização/aplicação do modelo proposto em um problema de decisão de *mix* de produtos através de um exemplo didático da empresa ABC Ltda. Para tal, fez-se o uso do aplicativo Solver[®] integrado ao *software* Microsoft Office Excel[®]. A finalidade desta aplicação foi expor os procedimentos de cálculo e os parâmetros necessários para a utilização do modelo proposto na decisão de *mix* de produtos.

Apesar de o modelo exigir informações sobre todo o processo produtivo e sobre o mercado de atuação da empresa (demanda), os resultados obtidos forneceram importantes subsídios para a tomada de decisão de *mix* de produtos no que tange à mensuração do lucro operacional e dos gastos evitáveis no horizonte de planejamento estudado. Finalmente, foi realizada uma análise crítica do modelo proposto em relação a nove aspectos.

6 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

A primeira contribuição desta pesquisa ao campo de conhecimento em Engenharia de Produção e, secundariamente, ao campo da Contabilidade Gerencial, consistiu na caracterização das publicações acadêmicas sobre os temas “decisão de *mix* de produtos” e “custeio baseado em atividades e tempo” constantes em periódicos internacionais no tocante aos países nos quais os estudos foram originados, aos principais canais de publicação dos trabalhos, aos tipos de pesquisa utilizados com relação à taxonomia de Filippini (1997) e aos destaques em termos de autores e de publicações mais citados.

Entende-se que essa caracterização resultante da análise bibliométrica e da análise de citações pode facilitar a realização de pesquisas futuras sobre os temas supracitados. De forma complementar, pesquisadores da Contabilidade Gerencial podem tomar como base, por exemplo, a taxonomia de Shields (1997) para realizar a classificação dos tipos de pesquisa utilizados por autores dos artigos sobre TDABC prospectados.

Uma segunda contribuição oferecida ao campo da Engenharia de Produção, especialmente na perspectiva de planejamento, foi oferecida pela corrente tese na medida em que se posicionou teoricamente e se analisou criticamente as publicações acadêmicas sobre decisão de *mix* de produtos. Ao se apresentar e discutir teoricamente a decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva de diferentes métodos de custeio através de dois exemplos numéricos/didáticos, conseguiu-se demonstrar como os diferentes modelos de decisão impactam no resultado (ex: lucro) da empresa.

Mesmo não sendo explicitada como um objetivo da tese, entende-se que a pesquisa bibliográfica realizada sobre os métodos de custeio trouxe uma síntese consolidada da pesquisa sobre o assunto que pode facilitar e direcionar a condução de estudos futuros, por exemplo, no campo acadêmico da Engenharia de Produção na interface com a Contabilidade Gerencial.

A quarta e principal contribuição da tese residiu na apresentação de como o TDABC pode ser trabalhado na formulação de um modelo para decisão de *mix* de produtos

para operações com múltiplas restrições do tipo *hard*. O modelo proposto foi construído na forma de um modelo de programação linear que levou em consideração, na formulação da função objetivo e das restrições, informações sobre demanda, capacidade produtiva, consumo de recursos, preços de venda, custos inerentes ao processo produtivo e despesas operacionais. Além disso, a utilização de conceitos de discricionariedade dos gastos, hierarquia de atividades e margem controlável, além da aplicação do OEE de forma conjunta ao TDABC na mensuração da capacidade prática de departamentos intensivos em capital/equipamentos e do uso da programação linear mostraram-se úteis para a construção e a operacionalização do modelo proposto.

A aplicação do modelo proposto foi ilustrada através de um exemplo numérico/didático que envolveu uma empresa com operações de manufatura. Para um determinado horizonte de planejamento (período de um ano), foi conjecturado que a empresa ABC Ltda. iria se deparar com uma situação em que a demanda por seus produtos seria maior que a capacidade de fornecimento. Esta conjectura decorreu da existência de dois departamentos produtivos que iriam limitar a capacidade de produção de todo o processo fabril da empresa no horizonte de planejamento considerado.

Com isso, fez-se necessário decidir quais produtos seriam mais interessantes para a empresa de serem fabricados e vendidos, pois esta se verificava impossibilitada de fornecer, no período de demanda sobreposta, todos os produtos nas quantidades desejadas pelo mercado. Para resolver tal problema gerencial, os parâmetros e as variáveis relacionados com a função objetivo e com as restrições do modelo TDABC de decisão de *mix* de produtos proposto foram identificados e quantificados. Finalmente, através do aplicativo Solver[®] utilizado de forma integrada ao *software* Microsoft Office Excel[®], foi possível resolver o problema com a definição dos tipos e das quantidades a serem produzidos e vendidos de cada produto de forma a maximizar o lucro operacional da empresa estimado para o horizonte em análise. Desta forma, entende-se que a pergunta de pesquisa foi respondida e o objetivo da tese foi cumprido.

Como ponto positivo desta pesquisa, pode-se destacar a identificação e organização de variados conceitos e técnicas que podem ser aproveitados em outras situações e problemas de tomada de decisão gerencial, tais como os relacionados com a

terceiração de atividades e ampliação de capacidade, por exemplo. Ressalta-se, ainda, que a análise gerencial integrada dos gastos (flexíveis e comprometidos) e da capacidade produtiva (utilizada, ociosa e evitável) constituiu-se como um diferencial positivo deste trabalho, pois o material bibliográfico existente relacionado com esta integração ainda se verifica restrito no âmbito da decisão de *mix* de produtos. De forma complementar, pode-se destacar o fato desta pesquisa abordar vários aspectos relacionados ao processo industrial, considerado como um importante ambiente de atuação profissional para o Engenheiro de Produção.

Dentre as limitações do trabalho, primeiramente coloca-se a pouca análise realizada com relação aos fatores externos (concorrência e mercado consumidor) que influenciam o negócio e que podem impactar a decisão de *mix* de produtos. A segunda limitação do estudo diz respeito à falta de análise sobre aspectos de diferenciação dos produtos no contexto da decisão de *mix* de produtos. Produtos com diferenciação (não comoditizados) podem ter o preço sujeito a algum grau de controle empresarial (poder de mercado), preço esse que pode ser ajustado para influenciar a demanda (elasticidade-preço da demanda) de forma tal a equacionar o *gap* entre a capacidade requerida e a capacidade disponibilizada pela operação.

Essas limitações permitem afirmar que o modelo de decisão de *mix* de produtos proposto na corrente pesquisa não deve ser utilizado de forma isolada, mas sim em conjunto com outras ferramentas, técnicas e informações, tendo em vista o pleno conhecimento das condições competitivas nas quais a empresa está inserida. De forma complementar, recomenda-se que um acompanhamento contínuo dos gastos deve ser realizado pelos gestores para que ações corretivas imediatas possam ser tomadas no momento em que ocorrerem variações acentuadas. Fazer controle e análise constante dos gastos demanda disciplina e esforço, porém, proporciona resultados que podem ajudar a empresa a tomar decisões de *mix* de produtos mais acuradas.

A terceira limitação do estudo diz respeito à consideração de apenas medidas financeiras (ex: lucro) na decisão de *mix* de produtos. Tal como apontam Lea e Fredendall (2002) e Chung *et al.* (2008), medidas de desempenho não-financeiras também poderiam ser consideradas na decisão de *mix* de produtos, tais como volume de estoque no processo (*work in process*), nível de serviço ao cliente (ex:

qualidade do produto e desempenho em entrega) e flexibilidade do processo produtivo. Desta forma, futuras pesquisas podem aplicar o TDABC na decisão de *mix* de produtos com a consideração de variáveis de decisão “além-financeiras”.

Como quarta limitação do estudo, tem-se o fato de a tese lidar com exemplos em que há informações perfeitas e parâmetros dados deterministicamente. Essa suposição não reflete operações que são dotadas de rápidas mudanças na demanda, nos tempos de processamento de produtos e nas restrições/gargalos do processo. Apesar de esta suposição ser compartilhada por grande parte da literatura sobre decisão de *mix* de produtos, é evidente a necessidade de se realizar pesquisas sobre situações que envolvam informações não perfeitas e parâmetros não determinísticos, tal como aponta Linhares (2009). Nesse sentido, há estudos publicados que abordam a decisão de *mix* de produtos numa abordagem probabilística, tais como os de Bhattacharya *et al.* (2008), Hashiike e Ishii (2009a), Karakas *et al.* (2010) e Saraiva Jr., Rodrigues e Costa (2010) que podem contribuir para a realização de pesquisas futuras.

Entende-se como quinta limitação o fato de o modelo matemático proposto para lidar com a decisão de *mix* de produtos ser baseado em programação linear inteira. De acordo com Sobreiro *et al.* (2013), a abordagem da programação linear possui limitações de aplicação para problemas grandes (ou seja, com muitas variáveis e restrições) devido à necessidade de longos tempos computacionais para se chegar a solução ótima. Essas limitações são intensificadas quanto se leva em consideração a complexidade polinomial inerente à decisão de *mix* de produtos em contextos de múltiplas restrições e de variáveis inteiras apontados por Linhares (2009). Nas palavras de Winston, Albright e Broadie (2001, p. 117) no que tange à programação linear inteira, “para modelos pequenos, provavelmente não se verifica um aumento elevado do tempo para encontrar uma solução ótima, porém nós alertamos que os tempos de solução podem aumentar significativamente com modelos mais complexos”.

Portanto, pode-se aduzir que o modelo proposto na corrente tese não é passível de generalização para todas as situações empresariais, principalmente as que envolvem uma quantidade grande de variáveis (ex: produtos) e de restrições (ex: departamentos). Nesse sentido, há estudos que comparam computacionalmente o desempenho de modelos de decisão de *mix* de produtos (ex: heurísticas *versus*

programação linear inteira) em termos de tempo de processamento, tais como a tese recém defendida de Sobreiro (2012) e o artigo de Sobreiro e Nagano (2012). Estes estudos podem ser utilizados como referências para a realização de pesquisas futuras que abordem o tempo computacional de modelos/heurísticas de decisão de *mix* de produtos a serem construídos sob as perspectivas dos métodos de custeio, incluindo o TDABC.

Como sexta limitação, tem-se a consideração de que as demandas dos produtos podem ser previstas individualmente. Esta suposição não é totalmente válida, por exemplo, para ambientes de manufatura de semicondutores, conforme apontam Chung *et al.* (2008). Desta forma, para futuras pesquisas sobre decisão de *mix* de produtos que envolvam organizações cujos produtos possuam dificuldades de terem as suas demandas previstas individualmente, sugere-se o uso de famílias de produtos como unidade de análise.

Ademais, futuras pesquisas sobre modelos de decisão de *mix* de produtos considerando poderiam ser integradas às pesquisas sobre modelos para planejamento da produção multiperíodos, tais como os da área de planejamento agregado da produção e da força de trabalho multiperíodo, nos termos de Hopp e Spearman (2000). Como potencial de geração de pesquisas futuras integrando/combinando os dois modelos, por exemplo, tem-se o detalhamento da medida de lucratividade por unidade dos produtos, recorrentemente pouco exploradas nos modelos de planejamento agregado da produção e planejamento da força de trabalho (ex: na função objetivo dos modelos baseados em programação matemática para planejamento multiperíodo), em função das diferentes perspectivas dos métodos de custeio (ex: o “lucro unitário” do modelo proposto por Saraiva Jr (2010), a “margem controlável unitária” do modelo proposto nesta tese).

Ainda, pode ser destacada a possibilidade de abordar problemas de decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva do TDABC considerando limitações de capacidade em termos de requisitos ambientais, ou seja, a definição do *mix* de produtos “verdes” (ambientalmente corretos). Nesse sentido, recomenda-se como estudo que pode fundamentar futuras pesquisas o texto de Tsai *et al.* (2012).

Outro potencial de geração de pesquisas futuras diz respeito à utilização de outros métodos de custeios que podem ser explorados pela literatura sobre modelos de

decisão de *mix* de produto e que não foram abordados nesta tese. Como primeira recomendação, têm-se o método de custeio por absorção parcial modificado proposto por Martins e Rocha (2010). Como segunda recomendação, tem-se o método RCA (do inglês, *Resource Consumption Accounting*) apresentado por Van der Merwe e Keys (2001; 2002) e divulgado por Webber e Clinton (2004) e pelo RCA Institute (www.rcainstitute.org).

O TDABC, por ser uma metodologia recentemente lançada na literatura e na prática empresarial, deve passar por mais análises acadêmicas e empíricas para que a sua “superioridade” em relação aos outros métodos de custeio possa ser confirmada ou refutada. De fato, até então não se comprovou a existência de um método de custeio superior para todas as circunstâncias. Nesse sentido, a afirmação conclusiva de Ludícibus (1995, p. 3) ainda se faz oportuna: “é necessário analisar com muito cuidado toda e qualquer onda de métodos de custeio, a fim de se evitarem os extremos: a crítica feroz e infundada e, do lado oposto, a mera adesão por modismo”.

Ademais, corroborando com a ideia conclusiva de que “nenhuma informação de custo, qualquer que seja o método de custeio, substitui o julgamento e o bom-senso das pessoas que analisam e das que decidem” (MARTINS; ROCHA, 2010, p. 166), deve-se atentar para a correta utilização dos métodos de custeio na decisão de *mix* de produtos em congruência com as reais necessidades dos tomadores de decisão.

Há de se considerar, ainda, que a adoção de um método de custeio específico é influenciado por fatores institucionais (BURNS; SCAPENS, 2000; SANTANA; COLAUTO; CARRIERI, 2012), por questões culturais (BAIRD; HARRISON; REEVE, 2007), pelo nível de envolvimento coletivo dos trabalhadores e de estilo de liderança (HOOZÉE; BRUGGEMAN, 2010) pelo estágio do ciclo de vida da empresa (KALLUNKI; SILVOLA, 2008), entre outros fatores. Portanto, antes de se optar pela utilização do modelo TDABC de decisão de *mix* de produtos proposto na corrente pesquisa, há a necessidade de se avaliar, *a priori*, os benefícios de se adotar o TDABC em detrimento da adoção de outros métodos/sistemas de custeio para a organização.

Um *framework* que relaciona as possibilidades (até aqui expostas) de pesquisas futuras sobre decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva dos métodos de custeio é apresentado na Figura 43.

Figura 43 – *Framework* de oportunidades de pesquisas futuras sobre decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva dos métodos de custeio

Fonte: Elaborado pelo autor

Apesar de a utilização de exemplos didático/ilustrativos/numéricos ser recorrente nas pesquisas sobre decisão de *mix* de produtos, conforme Kee e Schimdt (2000), os resultados da corrente tese devem ser objeto de análises mais rigorosas com vistas à generalização. Desta forma, outras abordagens metodológicas tais como o Estudo de Caso, a Pesquisa Intervencionista e a Pesquisa-Ação (para mais detalhes consultar, respectivamente, Yin (2005), Jönsson e Lukka (2007) e Thiollent (2008)) podem ser empregadas para avaliar a decisão de *mix* de produtos sob a égide do TDABC em ambientes reais de operações com múltiplas restrições de forma tal que o modelo proposto seja implementado e os resultados obtidos nesta tese sejam confirmados, aprimorados ou até mesmo refutados.

Por fim, idealiza-se que esta tese sirva como um referencial teórico para pesquisas futuras sobre decisão de *mix* de produtos sob a perspectiva dos métodos de custeio.

REFERÊNCIAS

- ABENSUR, E. O. **Finanças corporativas: fundamentos, práticas brasileiras e aplicações em planilhas eletrônicas e calculadora financeira**. São Paulo: Scortecci, 2009.
- ABEPRO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Áreas e subáreas de Engenharia de Produção, 2008**. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/interna.asp?p=399&m=424&s=1&c=362>>. Acesso em: 04 de outubro de 2013.
- ADEOTI, A.; VALVERDE, A. A. Time-driven activity based costing for the Improvement of IT service operations. **International Journal of Business and Management**, v. 9, n. 1, p. 109-128, 2014.
- AL-OMIRI. M.; DRURY, C. A survey of factors influencing the choice of product costing systems in UK organizations. **Management Accounting Research**, v.18, n.4, p.399-424, 2007.
- ALSMADI, M.; ALMANI, M.; KHAN, Z. Implementing an integrated ABC and TOC approach to enhance decision making in a Lean context. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 31, n. 8, p. 906-920, 2014.
- ANDERSON, S. R; PROKOP, K.; KAPLAN, R. S. Fast-track profit models. **The Journal of Private Equity**, v. 10, n. 3, p. 22-34, 2007.
- ARAUJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, v.12, n. 1, p. 11-32, 2006.
- ARYANEZHAD, M. B.; BADRI, S. A.; KOMIJAN, A. R. Threshold-based method for elevating the system's constraint under theory of constraints. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 17, p. 5075–5087, 2010.
- ASSAF NETO, A. **Finanças corporativas e valor**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- ASSEF, R. **Gerência de preços como ferramenta de marketing**. Rio de Janeiro: Campus-Elsevier, 2005.
- ATKINSON, A. A.; BANKER, R. D.; KAPLAN, R. S.; YOUNG, S. M. **Contabilidade Gerencial**. São Paulo: Atlas, 2000.
- AYVAZ, E.; PEHLIVANL, D. The use of time driven activity based costing and analytic hierarchy process method in the balanced scorecard implementation. **International Journal of Business and Management**, v. 6, n. 3, p. 146-158, 2011.
- AZADEGAN, A.; POROBIC, L.; GHAZINOORY, S.; SAMOUEI, P.; KHEIRKHAH, A. S. Fuzzy logic in manufacturing: a review of literature and a specialized application. **International Journal of Production Economics**, v. 132, n. 2, p. 258–270, 2011.

BADRI, S. A.; GHAZANFARI, M.; MAKUI, A. An integrated model for product mix problem and scheduling considering overlapped operations. **Decision Science Letters**, v. 3, n. 4, p. 523-534, 2014.

BADRI, S. A.; GHAZANFARI, M.; SHAHANAGHI, K. A multi-criteria decision-making approach to solve the product mix problem with interval parameters based on the theory of constraints. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, V. 70, p. 1073–1080, 2014.

BAHL, H. C.; TAJ, S.; CORCORAN, W. Linear-programming model formulation for optimal product-mix decisions in material-requirements-planning environments. **International Journal of Production Research**, v. 29, n. 5, p. 1025-1034, 1991.

BAIRD, K. M.; HARRISON, G. L.; REEVE, R. C. Adoption of activity management practices: a note on the extent of adoption and the influence of organizational and cultural factors. **Management Accounting Research**, v. 1, n. 4, p. 383-99, 2007.

BAKKE, N. A.; HELLBERG, R. Relevance lost: a critical discussion of different cost accounting principles in connection with decision making for both short and long term production scheduling. **International Journal of Production Economics**, v. 24, n. 1-2, p. 1-18, 1991.

BALAKRISHNAN, J. Using theory of constraints in teaching LP and vice versa: advantages and caveats. **Production and Inventory Management Journal**, v. 40, n. 2, p. 11-16, 1999.

BALAKRISHNAN, J.; CHENG, C. H. Theory of constraints and linear programming; a re-examination. **International Journal of Production Research**, v. 38, n. 6, p. 1459-1463, 2000.

BALAKRISHNAN, R.; LABRO, E.; SIVARAMAKRISHNAN, K. Product costs as decision aids: an analysis of alternative approaches (part 1). **Accounting Horizons**, v. 26, n. 1, p. 1-20, 2012.

BALAKRISHNAN, R.; LABRO, E.; SIVARAMAKRISHNAN, K. Product costs as decision aids: an analysis of alternative approaches (part 2). **Accounting Horizons**, v. 26, n. 1, p. 21-41, 2012.

BALAKRISHNAN, R.; SIVARAMAKRISHNAN, K. A critical overview of the use of full-cost data for planning and pricing. **Journal of Management Accounting Research**, v. 14 p., 3-31, 2002.

BALAKRISHNAN, R.; SIVARAMAKRISHNAN, K. Is assigning capacity costs to individual products necessary for capacity planning? **Accounting Horizons**, v. 10, n. 3, p. 1-11, 1997.

BARNARD, A. Challenging One of the Basic Laws of Economics. In: Theory of Constraints International Certification Organization Conference (TOCICO). **Proceedings...**Miami, 2006.

BARRETT, R. Time-driven costing: the bottom line on the new ABC. **Business Performance Management Magazine**, v. 3, n. 1, p. 35-39, 2005.

BASUKI, B.; RIEDIANSYAF, M. D. The application of time-driven activity-based costing in the hospitality industry: an exploratory case study. **Journal of Applied Management Accounting Research**, v. 12, n. 1, p. 27-54, 2014.

BAYKASOGLU, A.; KAPLANOGLU, V. Application of activity-based costing to a land transportation company: A case study. **International Journal of Production Economics**, v. 116, p. 308–324.

BAYOU, M. E.; REINSTEIN, A. Analyzing the product-mix decision by using a fuzzy hierarchical model. **Managerial Finance**, v. 31, n. 3, p. 35-48, 2005.

BEGED-DOV, A. G. Determination of optimal product mix by marginal analysis. **International Journal of Production Research**, v. 21, n. 6, p. 909-918, 1983.

BERLINER, C.; BRIMSON, J. A. **Cost management for today's advanced manufacturing: the CAM-I conceptual design**. Boston: Harvard Business School Press, 1988. In.: JONES, T. C.; D. DUGDALE. The ABC bandwagon and the juggernaut of modernity. *Accounting, Organizations and Society*, v. 27, n. 1-2, p. 121-163, 2002.

BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N. A produção científica nos anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: um levantamento de métodos e tipos de pesquisa. In: XIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, **Anais...**, Rio de Janeiro, Brasil, 1999.

BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N. A Produção científica nos anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: um levantamento de métodos e tipos de pesquisa. **Produção**, v. 9, n. 2, p. 65-76, 2000.

BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N. Revisitando a produção científica nos anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Production**, v. 24, n. 1, p. 225-232, 2014.

BERTRAND, J. W.; FRANSOO, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 22, n. 2, p. 241-264, 2002.

BHATTACHARYA, A.; VASANT, P. Soft-sensing of level of satisfaction in TOC product-mix decision heuristic using robust fuzzy-LP. **European Journal of Operational Research**, v. 177, n. 1, p. 55-70, 2007.

BHATTACHARYA, A.; VASANT, P.; SARKAR, B.; MUKHERJEE, S. K. A fully fuzzified, intelligent theory-of-constraints product-mix decision. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 3, p. 789-815, 2008.

BLACKSTONE JR., J. H. Theory of constraints - a status report. **International Journal of Production Research**, v. 39, n. 6, p. 1053-1080, 2001.

BLAXILL, M. F.; HOUT, T. M. The fallacy of the overhead quick fix. **Harvard Business Review**, v. 69, n. 4, p. 93-101, 1991.

BOYD; COX III, J. F. Optimal decision making using cost accounting information. **International Journal of Production Research**, v. 40, n. 8, p.1879-1898, 2002.

BRUNI, A. L. **Administração de custos, preços e lucros**. São Paulo: Atlas, 2006.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. **Gestão de custos e formação de preços**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2004.

BURNS, J.; SCAPENS, R. W. Conceptualizing management accounting change: an institutional framework. **Management Accounting Research**, v. 11, p. 3-25, 2000.

BYRD JR., J.; MOORE, L. T. The application of a product mix linear programming model in corporate policy making. **Management Science**, v. 24, n. 13, p. 1342-1350, 1978.

CAM-I. Activity-accounting project guide, 1900. In. MAJOR, M. (2007). Activity-based costing and canagement. a critical review. In. HOPPER, T.; SCAPENS, R.; NORTHCOTT, D., eds. **Issues in management accounting research**. 3rd ed. London: Prentice-Hall, p.155-174.

CAMPANALE, C.; CINQUINI, L.; TENUCCI, A. Time-driven activity-based costing to improve transparency and decision making in healthcare. **Qualitative Research in Accounting & Management**, v.11, n. 2, p. 165-186, 2014.

CANNON, J. N.; CANNON, H. M.; LOW, J. T. Modeling tactical product-mix decisions: a Theory-of-Constraints approach. **Simulation & Gaming**, v. 44, n. 5, p. 642-644, 2013.

CANNON, J. N; CANNON, H. M.; LOW, J. T. Modeling tactical product-mix decisions: a Theory-of-Constraints approach. **Simulation & Gaming**, v. 44, n. 5, p. 624 –644, 2013.

CAPES. **Portal de periódicos**. Disponível em: <http://novo.periodicos.capes.gov.br/?option=com_phome&Itemid=68> Acesso em: 02 de setembro de 2014.

CARDINAELS, E.; LABRO, E. On the determinants of measurement error in time-driven costing. **The Accounting Review**, v. 83, n. 3, p. 735-756, 2012.

CARDOSO, R. L.; MENDONÇA NETO, O. R.; RICCIO, E. L.; SAKATA, M.C. G. Pesquisa científica em contabilidade entre 1990 e 2003. **Revista de Administração de Empresas – RAE**, v. 45, n. 2, p. 34-45, 2005.

CARVALHO, K. L.; SARAIVA JR., A. F.; FREZATTI, F.; COSTA, R. P. a contribuição das teorias do ciclo de vida organizacional para a pesquisa em contabilidade gerencial. **Revista de Administração Mackenzie**, v. 11, n. 4, p. 98-130, 2010.

CASSEL; R. A.; ANTUNES JR., J. A. V.; OENNING, V. Maximização da lucratividade em produção conjunta: um caso na indústria frigorífica. **Produção**, v. 16, n. 2, p. 244-257, 2006

CASTRO, C. M. **Ciência e universidade**. Rio de Janeiro: Zahar, 1997.

CAVALCANTI, N. S.; OLIVEIRA, A. G.; CATAI, R. E. Estudo comparativo entre a contabilidade de ganhos (throughput accounting) e a contabilidade de custos tradicional – método custeio variável – na gestão de custos. **GEPROS - Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, ano 7, n. 3, p.. 29-40, 2012

CHANDER, P.; LERUTH, L. The optimal product mix for a monopolist in the presence of congestion effects. A model and some results. **International Journal of Industrial Organization**, v. 7, n. 4, p. 437-449, 1989.

CHELLAPPA, B.; MANEMARAN, S. V. Multi attribute decision making approach to optimize the product mix in assignment problems using fuzzy group parameters. **International Journal of Computer Applications**, v. 26, n. 11, p. 1-6, 2011.

CHEN, T-L.; CHEN, Y-Y.; LU, H-C. A capacity allocation and expansion model for TFT-LCD multi-site manufacturing. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 24, p. 847-872, 2013.

CHUNG, S-H., LEE, A. H-I., KANG, H-Y., LAI, C-W. A DEA window analysis on the product family mix selection for a semiconductor fabricator. **Expert Systems with Applications**, v. 35, n. 1-2, p. 379-388, 2008.

CHUNG, S-H.; LEE, A. H.; PEARN, W. L. Analytic network process (ANP) approach for product mix planning in semiconductor fabricator. **International Journal of Production Economics**, v. 96, n. 1, p. 15-36, 2005a.

CHUNG, S-H.; LEE, A.H.; PEARN, W. L. Product mix optimization for semiconductor manufacturing based on AHP and ANP analysis. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 25, n. 11-12, p. 1144-1156, 2005b.

CLELAND, K. As easy as CBA? **Financial Management**, September, p. 28-32, 2004.

COGAN, S. **Contabilidade gerencial: uma abordagem da teoria das restrições**. São Paulo: Saraiva, 2007.

COMAN, A.; RONEN, B. Production outsourcing: a linear programming model for the Theory-Of-Constraints. **International Journal of Production Research**, v. 38, n. 7, p. 1631-1639, 2000.

COOPER, R. Cost classification in unit-based and activity-based manufacturing cost systems. **Journal of Cost Management**, v. 4, n. 3, p. 4-14, 1990.

COOPER, R.; KAPLAN, R. Activity-based systems: measuring the costs of resource usage. **Accounting Horizons**, v. 3, n. 6, p. 1-13, 1992.

COOPER, R.; KAPLAN, R. How cost accounting distorts product costs. **Management Accounting**, v. 69, n. 10, p. 20-27, 1988.

COOPER, R.; KAPLAN, R. Measure costs right: make the right decision. **CPA Journal**, February, p. 38-45, 1990.

CORBETT NETO, T. **Contabilidade de ganhos: a nova contabilidade gerencial de acordo com a teoria das restrições**. São Paulo: Nobel, 1997.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção MRP e II/ERP**. São Paulo: Atlas, 2001.

COSTA, R. P.; FERREIRA, H. A. S.; SARAIVA JR., A. F. **Preços, orçamentos e custos industriais**. Rio de Janeiro: Campus-Elsevier, 2010.

COSTA, R. **Proposta de modelo e implementação de um sistema de apoio a decisão em pequenas empresa**. 198p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

COUGHLAN, P.; COGHLAN, D. Action research for operations management. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 22, n. 2, p. 220-240.

COX, J.; SPENCER, M. S. **The constraints management handbook**. New York: St. Lucie Press, 1998.

CPC - COMITÊ DE PRONUNCIAMENTOS CONTÁBEIS. **Pronunciamento CPC nº 16/2009 - Estoques**. Disponível em: <http://static.cpc.mediagroup.com.br/Documentos/243_CPC_16_R1_rev%2003%20%282%29.pdf>. 11 de abril de 2014.

DA SILVA, G. G. M. P.; TUBINO, D. F.; SEIBEL, S. Linhas de montagem: revisão da literatura e oportunidades para pesquisas futuras. **Production**, 2014. No prelo.

DAL, B.; TUGWELL, P.; GREATBANKS, R. Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement: a practical analysis. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 20, n. 12, p. 1488-1502, 2000.

DALCI, I.; TANIS, V.; KOSAN, L. Customer profitability analysis with time-driven activity-based costing: a case study in a hotel. **International Journal of Contemporary Hospitality Management**, v. 22, n. 5, p. 609-637, 2010.

DATAR, S.; GUPTA, M. Aggregation, specification and measurement errors in product costing. *The Accounting Review*, v. 69, n. 4, p.567-591, 1994

DEMEERE, N.; STOUTHUYSEN, K.; ROODHOOFT, F. TIME-driven activity-based costing in an outpatient clinic environment: development, relevance and managerial impact. **Health Policy**, v. 92, p. 296–304, 2009.

DEMMY, S.; TALBOTT, J. Improve internal reporting with ABC and TOC. **Management Accounting**, v. 80, n. 5, p. 18-24, 1998.

DONOVAN, C. J.; HOPKINS, M.; KIMMEL, B. M.; KOBERNA, S.; MONTIE, C. A. How Cleveland Clinic used TDABC to improve value. **Healthcare Finance Management**, June, p. 84-88, 2014.

DRAMAN, R. H.; LOCKAMY III, A.; COX III, J. F. Constraint-based accounting and its impact on organizational performance: a simulation of four common business strategies. **Integrated Manufacturing Systems**, v. 13, n. 4, p. 190-200, 2002.

EBSCO. **Pesquisa avançada.** Disponível em: <
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/search/advanced?sid=a16c2f01-f945-4a8a-8b05-83bc84d107fd%40sessionmgr110&vid=2&hid=103>>. Acesso em: 02 de setembro de 2014.

EVERAERT, P.; BRUGGEMAN, W.; DE CREUS, G. Sanac Inc.: from ABC to time-driven ABC (TDABC) – an instructional case. **Journal of Accounting Education**, v. 26, p. 118-154, 2008.

EVERAERT, P.; BRUGGEMAN, W.; SARENS, G.; ANDERSON, S. R.; LEVANT, Y. Cost modeling in logistics using time-driven ABC: experiences from an wholesaler. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 38, n. 3, p. 172-191, 2008.

FERNANDES, F.; MARIANO, R.; GNECCO, C. **Tratamento de superfície e pintura**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2003.

FILIPPINI, R. Operations management research: some reflections on evolution, models and empirical studies in OM. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 17, n. 7, p. 655-70, 1997.

FINCH, B. J.; LUEBBE, R. L. Response to 'Theory of constraints and linear programming; a re-examination'. **International Journal of Production Research**, v. 38, n. 6, p. 1465-1466, 2000.

FLEURY, A. C. C. Planejamento do projeto de pesquisa e definição do modelo teórico. In: MIGUEL, P. A. C. (org). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012, p. 33-46.

FONSECA, E. N. **Bibliometria: teoria e prática**. São Paulo: Cultrix, 1986.

FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 22, n. 2, p. 152-194, 2002.

FOSTER, B. P.; BAXENDALE, S. J. The absorption vs. direct costing debate. **Cost Management**, v. 22, n. 4, p. 40-48, 2008.

FREDENDALL, L. D.; LEA, B-R. Improving the product mix heuristic in the theory of constraints. **International Journal of Production Research**, v. 35, n. 6, p. 1535-1544, 1997.

FRENCH, K. E.; ALBRIGHT, H. W.; FRENZEL, J. C.; INCALCATERRA, J. R.; RUBIO, A. C.; JONES, J. F.; FEELEY, T. W. Measuring the value of process

improvement initiatives in a preoperative assessment center using time-driven activity-based costing. **Healthcare**, v. 1, n. 3-4, p. 136-142, 2013.

FREZATTI, F.; AGUIAR, A. B.; GUERREIRO, R. Diferenciações entre a contabilidade financeira e a contabilidade gerencial: uma pesquisa empírica a partir de pesquisadores de vários países. **Revista de Contabilidade e Finanças da USP**, n. 44, p. 9-22, 2007.

FRITZSCH, R.B. Activity-based costing and the theory of constraints: using time horizons to resolve two alternative concepts of product costs. **Journal of Applied Business Research**, v. 1, n. 1, p. 83-89, 1997.

FRONTLINE SOLVERS. **Basic solver - algorithms and methods used**. Disponível em: <<http://www.solver.com/excel-solver-help>>. Acesso em: 12 de agosto de 2014.

FYLSTRA, D.; LASDON, L.; WATSON, J.; WAREN, A. Design and use of the Microsoft Excel solver. **Interfaces**, v. 28, n. 5, p. 29-55, 1998.

GABSZEWICZ, J.; SHAKED, A.; SUTTON, J.; THISSE, J. Segmenting the market: The monopolist's optimal product mix. **Journal of Economic Theory**, v. 39, n. 2, p. 273-289, 1986.

GALESNE, A.; FENSTERSEIFER, J.; LAMB, R. **Decisões de investimentos da empresa**. São Paulo: Atlas, 1999.

GARRISON, R. H.; NOREEN, E. W.; BREWER, P. C. **Managerial accounting**. 11th ed. New York: McGraw Hill, 2006.

GERVAIS, M.; LEVANT, Y.; DUCROCQ, C. Time-driven activity-based costing (TDABC): an initial appraisal through a longitudinal case study. **Journal of Applied Management Accounting Research**, v. 8, n. 2, p. 1-20, 2010.

GHAZINOORY, S.; FATTAHI, P.; SAMOUEI, P. A hybrid FRTOC-SA algorithm for product mix problems with fuzzy processing time and capacity. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 65, p. 1363-1370, 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 12ª ed. São Paulo: Pearson, 2010.

GOLDRATT, E. M. **The haystack syndrome: sifting information out of the data ocean**. Croton-on-Hudson: North River Press, 1990a.

GOLDRATT, E. M. **What is this thing called theory of constraints and how should it be implemented?** New York: North Press, 1990b.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. **The goal: a process of ongoing improvement**. Croton-on-Hudson: North River Press, 1984.

GOLDRATT, E. M.; FOX, R. E. **The race**. Croton-on-Hudson: North River Press, 1986.

GREMAUD, A. P. *et al.* **Manual de economia: equipe de professores da USP**. 3ª ed. São Paulo: Saraiva, 2002.

GRINNELL, D. J. Product mix decisions: direct costing vs. absorption costing. **Management Accounting**, v. 58, n. 2, p. 36, 1976.

GUERREIRO, R. **Gestão do lucro**. São Paulo: Atlas, 2006.

GUERREIRO, R. Os princípios da teoria das restrições sob a ótica da mensuração econômica. **Caderno de Estudos FIPECAFI**, n. 13, jan-jun, 1999.

GUERREIRO, R.; CASADO, T.; BIO, S. R. Algumas reflexões sobre os arquétipos e o inconsciente coletivo na contabilidade de custos: um estudo exploratório. **Revista de Contabilidade CRC-SP**, v. 2, p. 4-21, 2001.

GUPTA, M. C.; BAXENDALE, S. J. Enabling role of ABCM systems in operations management. **Cost Management**, v. 22, n. 5, p. 5-17, 2008.

GUPTA, M.; KO, H-J.; MIN, H. TOC-based performance measures and five focusing steps in a job-shop manufacturing environment. **International Journal of Production Research**, v. 40, n. 4, p. 907-930, 2002.

HAKA, S.; JACOBS, F.; MARSHALL, R. Fixed cost allocation and the constrained product mix decision. **Advances in Accounting**, v. 19, pp. 71-88, 2002.

HALL, R.; GALAMBOS, N. P.; KARLSSON, M. Constraint-based profitability analysis: stepping beyond the theory of constraints. **Journal of Cost Management**, v. 11, n. 4, p. 6-10, 1997.

HANSEN, D. R.; MOWEN, M. M. **Cost management**. 2nd ed. Cincinnati: South-Western College Publications, 1997.

HANSEN, D. R.; MOWEN, M. M. **Gestão de custos: contabilidade e controle**. São Paulo: Pioneira, 2001.

HANSEN, R. C. **Eficiência global dos equipamentos: uma poderosa ferramenta de manutenção/produção para aumento dos lucros**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

HASUIKE, T.; ISHII, H. On flexible product-mix decision problems under randomness and fuzziness. **Omega**, v. 37, n. 4, p. 770-787, 2009a.

HASUIKE, T.; ISHII, H. Product mix problems considering several probabilistic conditions and flexibility of constraints. **Computers & Industrial Engineering**, v. 56, n. 3, p. 918-936, 2009b.

HAX, A; CANDEA, D. **Production and inventory management**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1984.

HESFORD, J. W.; LEE, S.; VAN DER STEDE, W. A.; YOUNG, S. M. Management accounting: a bibliographic study. In: CHAPMAN, C.; HOPWOOD, A. G.; SHIELDS,

M. (orgs.). **Handbook of Management Accounting Research**. Amsterdam: Elsevier, v.1, p. 3-26, 2007.

HILLER, F. L.; LIEBERMAN, G. J. **Introduction to Operations Research**. 6th ed. McGraw-Hill, New York, 1995.

HODGES, S. D.; MOORE, P. G. The product-mix problem under stochastic seasonal demand. **Management Science**, v. 17, n. 2, p.107-114, 1970.

HOLMEM, J. S. ABC vs. TOC: it's a matter of time. **Management Accounting**, v. 76, p. 37-40, 1995.

HOOZÉE, S.; BRUGGEMAN, W. Identifying operational improvements during the design process of a time-driven ABC system: the role of collective worker participation and leadership style. **Management Accounting Research**, v. 21, p. 185-198, 2010.

HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. **Factory physics: foundations of manufacturing management**. 2nd ed. Chicago: Irwin/McGraw Hill, 2000.

HORNGREN, C. T.; FOSTER, G.; DATAR, S. **Contabilidade de custos**. 9^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

HSU, T-C., CHUNG, S-H. The TOC-based algorithm for solving product mix problems. **Production Planning & Control**, v. 9, n. 1, p. 36-46, 1998.

HUANG, S-Y.; CHEN, H-J.; CHIU, A-A.; CHEN, C-P. The application of the theory of constraints and activity-based costing to business excellence: the case of automotive electronics manufacture firms. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 25, n. 5-6, p. 532-545, 2014.

HUNG, W-S.; CHEN, H-C.; CHUNG, Y-C.; LI, R-K.; TSAI, C-H. Application of profit level analysis to verify product mix impacts on net profit changes. **International Journal of Academic Research in Economics and Management Sciences**. v. 2, n. 1, p. 224-239, 2013.

HUTCHINSON, R. Cost accounting and simulation: toward a post-structuralist understanding. **Advances in Management Accounting**, v. 22, p. 159-183, 2013

HUTCHINSON, R. Linking manufacturing strategy to product cost: toward time-based accounting. **Management Accounting Quarterly**, v. 9, n. 1, p. 31-42, 2007.

INNES, J.; MITCHELL, F.; YOSHIKAWA, T. **Activity costing for engineers**. Taunton: Research Studies Press Ltd, 1994.

IUDÍCIBUS, S. A gestão estratégica de custos e a sua interface com a contabilidade gerencial e a teoria da contabilidade: uma análise sucinta. In: IV Congresso Internacional de Custos (CIC). **Anais...** Campinas, Brasil, 1995 .

JCR - JOURNAL CITATION REPORTS. **Journal search**. Disponível em: <<http://admin-apps.webofknowledge.com/JCR/JCR>>. Acesso em: 02 de setembro de 2014.

JIMÉNEZ, F.; SÁNCHEZ, G.; VASANT, P. A multi-objective evolutionary approach for fuzzy optimization in production planning. **Journal of Intelligent & Fuzzy Systems**, v. 25, p. 441–455, 2013.

JONES, T. C.; DUGDALE, D. The ABC bandwagon and the juggernaut of modernity. *Accounting, Organizations and Society*, v. 27, n. 1-2, p. 121-163, 2002.

JÖNSSON, S.; LUKKA, K. There and back again: doing interventionist research in management accounting. In: CHAPMAN, C.; HOPWOOD, A. G.; SHIELDS, M. (eds.). **Handbook of management accounting research**. Amsterdam: Elsevier, v.1, p. 373-397, 2007.

KALLUNKI, J.; SILVOLA, H. The effect of organizational life cycle stage on the use of activity-based costing. **Management Accounting Research**, v. 19, pp. 62-79, 2008.

KAPLAN, R. S. Improving value with TDABC. **Healthcare Financial Management**, June, p. 77-83, 2014.

KAPLAN, R. S.; ANDERSON, S. R. **Custeio baseado em atividades e tempo**. Rio de Janeiro: Campus-Elsevier, 2007a.

KAPLAN, R. S.; ANDERSON, S. R. The innovation of time-driven activity-based costing. **Cost Management**, v. 21, n. 2, p. 5-15, 2007b.

KAPLAN, R. S.; ANDERSON, S. R. **Time-driven activity-based costing**. Harvard Business School Working Paper, n. 04-045, November 2003. Disponível em: <http://www.hbs.edu/faculty/Publication%20Files/04-045_d62528d4-7931-4ea1-a205-d9683c639d6e.pdf>. Acesso em: 04 de outubro de 2013.

KAPLAN, R. S.; ANDERSON, S. R. Time-driven activity-based costing. **Harvard Business Review**, v. 82, n.11, p.131-138, 2004.

KAPLAN, R. S.; PORTER, M. E. How to solve the cost crisis in health care. **Harvard Business Review**, v. 89, n. 9, p. 47-64, 2011.

KAPLAN, R. S; COOPER, R. **Custo e desempenho: administre seus custos para ser mais competitivo**. São Paulo: Futura, 1998.

KARAKAS, E.; KOYUNCU, M.; EROL, R.; KOKANGUL, A. Fuzzy programming for optimal product mix decisions based on expanded ABC approach. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 3, p. 729 - 744, 2010.

KASILINGAM, R. G. Product mix determination in the presence of alternate process plans and stochastic demand. **Computers & Industrial Engineering**, v. 29, n. 1-4, p. 249-253, 1992.

KAVEH, M.; DALFARD, V. M.; KARAMI, G. Extension of an algorithm for product mix problems with fuzzy conditions. **Applied Mathematical Modelling**, v. 37, p. 9688-9697, 2013.

KEE, R. Evaluating the economics of short- and long-run production-related. **Journal of Managerial Issues**, v. 13, n. 2, p. 139-158, 2001.

KEE, R. Integrating activity-based costing with the theory of constraints to enhance production-related decision-making. **Accounting Horizons**, v. 9, n. 4, p. 48-61, 1995.

KEE, R. Measuring & managing the cost of governmental services: a case for time-driven activity-based costing. **The Journal of Government Financial Management**, v. 61, n. 3, p. 38-41, 2012.

KEE, R. The sufficiency of product and variable costs for production-related decisions when economies of scope are present. **International Journal of Production Economics**, v. 114, n. 2, p. 682-696, 2008.

KEE, R; SCHMIDT, C. Comparative analysis of utilizing activity-based costing and the theory of constraints for making product-mix decisions. **International Journal of Production Economics**, v. 63, n. 1, p. 1-17, 2000.

KHATAIE, A. H.; BULGAK, A. A. A cost of quality decision support model for lean manufacturing: activity-based costing application. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 30, n. 7, p. 751-764, 2013.

KNOLMAYER, G. A simulation study of some simplification strategies in the development of product-mix models. **European Journal of Operational Research**, v. 12, n. 4, p. 339-347, 1983.

KNOLMAYER, G. Computational experiments in the formulation of linear product-mix and non-convex production-investment models. **Computers and Operations Research**, v. 9, n. 3, p. 207-219, 1982.

KÖKSAL, G. Selecting quality improvement projects and product mix together in manufacturing: An improvement of a theory of constraints-based approach by incorporating quality loss. **International Journal of Production Research**, v. 42, n. 23, p. 5009-5029, 2004.

KONT, K-R. Activity-based costing (ABC) and time-driven activity-based costing (TDABC): applicable methods for university libraries? **Evidence Based Library and Information Practice**, v. 6, n. 4, 2011.

KONT, K-R. New cost accounting models in measuring of library employees' performance. **Library Management**, v. 33, n. 1-2, p. 50-65, 2012.

KOTLER, P. **Marketing management: analysis, planning, and control**. New Jersey: Prentice-Hall, 1984.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P. **Operations management: strategy and analysis**. 5th ed. New York: Addison-Wesley, 1999.

LEA, B-R. Management accounting in ERP integrated MRP and TOC environments. **Industrial Management & Data Systems**, v. 107, n. 8, p. 1188-1211, 2007.

LEA, B-R.; FREDENDALL, L. D. The impact of management accounting, product structure, product mix algorithm, and planning horizon on manufacturing

performance. **International Journal of Production Economics**, v. 79, n. 3, p. 279-299, 2002.

LEE, C. I.; ENZMANN, D. R. Measuring radiology's value in time saved. **Journal of the American College of Radiology**, v. 9, n. 10, p. 713-717, 2012.

LEE, T., N.; PLENERT, G. Optimizing theory of constraints when new product alternatives exist. **Production and Inventory Management Journal**, v. 34, n. 3, p. 51-57, 1993.

LEE, T., PLENERT, G. Maximizing product mix profitability - what's the best analysis tool. **Production Planning & Control**, v. 7, n. 6, p. 547-553, 1996

LEONE, G. G. **Custos: um enfoque administrativo**. 13ª ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2000.

LETMATHE, P.; BALAKRISHNAN, N. Environmental considerations on the optimal product mix. **European Journal of Operational Research**, v. 167, n. 2, p. 398-412, 2005.

LEVANT, Y.; ZIMNOVITCH, H. Contemporary evolutions in costing methods: understanding these trends through the use of equivalence methods in France. **Accounting History**, v. 18, n. 1, p. 51 -75, 2013.

LINHARES, A. Theory of constraints and the combinatorial complexity of the product mix decision. **International Journal of Production Economics**, v. 121, n. 1, p. 121–129, 2009.

LOCKHART, J.; TAYLOR, A. Enviromental considerations in product mix decisions using ABC and TOC. **Management Accounting Quarterly**, v. 9, n. 1, p. 13-21, 2007.

LU, L.; CHEN, X. Two products manufacturer's production decisions with carbon constraint. **Management Science and Engineering**, v. 7, n. 1, p. 31–34, 2013.

LUEBBE, R.; FINCH, B. Theory of constraints and linear programming: a comparison. **International Journal of Production Research**, v. 30, n. 6, p. 1471-1478, 1992.

LUSTOSA, L.; NANJI, L. C. **Planejamento agregado e planejamento mestre da produção**. In.: LUSTOSA, L.; MESQUITA, M.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. (org.) **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Campos, 2008.

MABIN, V. J. Toward a greater understanding of linear programming, theory of constraints, and the product mix problem. **Production and Inventory Management Journal**, v. 42, n. 3-4, p. 52-54, 2001.

MABIN, V. J.; DAVIES, J. Framework for understanding the complementary nature of TOC frames: Insights from the product mix dilemma. **International Journal of Production Research**, v. 41, n. 4, p. 661-680, 2003.

MADAY, C. J. Proper use of constraint management. **Production and Inventory Management Journal**, v. 35, n. 1, p. 84, 1994.

MAJOR, M. Activity-based costing and management. A critical review. In. HOPPER, T.; SCAPENS, R.; NORTHCOTT, D. (eds). **Issues in management accounting research**. 3rd Edition. London: Prentice-Hall, p. 155-174, 2007.

MALIK, S. A.; SULLIVAN, W. G. Impact of ABC information on product mix and costing decisions. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 42, n. 2, p. 171-176, 1995.

MANKIW, N. G. **Introdução à economia: princípios de micro e macroeconomia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

MANZO, A. J. **Manual** para la preparación de monografía. Buenos Aires: Ed. Humanitas, 1971.

MARQUES, J. A. V. C; CIA, J. N. S. Teoria das restrições e contabilidade gerencial: interligando contabilidade a produção. **Revista de Administração de Empresas**, v. 38, n. 3, p. 34-46, 1998.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 10ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINS, E.; ROCHA, W. **Métodos de custeio comparados: custos e margens analisados sob diferentes perspectivas**. São Paulo: Atlas, 2010.

MASSCHELEIN, S.; CARDINAELS, E; VAN DEN ABEELE, A. ABC Information, Fairness Perceptions, and Interfirm Negotiations. **The Accounting Review**, v. 87, n. 3, p. 951-973, 2012

MAX, M. Leveraging process documentation for time-driven activity based costing. **Journal of Performance Management**, v. 20, n. 3, p. 16-28, 2007.

MCGUIGAN, J.; MOYER, R.; HARRIS, F. **Economia de empresas: aplicações, estratégias e táticas**. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2004.

MEDDAOUI, A.; BOUAMI, D. Decision making in maintenance using analytical hierarchy process and time-driven activity based costing. **International Journal of Productivity and Quality Management**, v. 13, n. 4, p. 450-470, 2014.

MISHRA, N.; PRAKASH, A.; TIWARI, M. K.; SHANKAR, R.; CHAN, F.T. Hybrid tabu-simulated annealing based approach to solve multi-constraint product mix decision problem. **Expert Systems with Applications**, v. 29, n. 2, p. 446-454, 2005.

MORABITO NETO, R.; PUREZA, V. Modelagem e Simulação. In: MIGUEL, P. A. C. (org). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012, p. 170-196.

MOREL, R. L.; MOREL, C. M. Um estudo sobre a produção científica brasileira, segundo os dados do Institute for Scientific Information (ISI). **Ciência da Informação**, v. 6, n. 2, p. 99-109, 1977.

MORTAJI, S. T. H.; BAGHERPOUR, M.; MAZDEH, M. M. Fuzzy time-driven activity-based costing. **Engineering Management Journal**, v. 25, n. 3, p. 63-73, 2013.

NAKAGAWA, M. **ABC: custeio baseado em atividades**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2001.

NAKANO, D. N. Métodos de pesquisa aplicados à engenharia de produção. In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). **Anais...** Rio de Janeiro, Brasil, 2008.

NANCI, L. C.; QUELHAS, O. L. G.; CARVALHO, R. A.; SIMÃO, V. G. O PCP no contexto estratégico. In: LUSTOSA, L. P.; MESQUITA, M. A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. (org.) **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008, p. 5-15.

NAZARI-SHIRKOUHI, S; EIVAZY, H.; GHODSI, R.; REZAIE, K.; ATASHPAZ-GARGARI, E. Solving the integrated product mix-outsourcing problem using the imperialist competitive algorithm. **Expert Systems with Applications**, v. 37, n. 12, p. 7615-7626, 2010.

NEELY, A. D. The evolution of performance measurement research: developments in the last decade and a research agenda for the next. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 25, n. 12, pp. 1264-1277, 2005.

NÉLO, A. M. **Decisão de mix de produtos: comparando a teoria das restrições, o custeio baseado em atividades e o modelo geral com a utilização de custos discricionários**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

NEOH, S-C.; MORAD, N.; LIM, C-P.; AZIZ, Z. A. **A layered-encoding cascade optimization approach to product-mix planning in high-mix-low-volume manufacturing**. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, v. 40, n. 1, p. 133-146, 2010.

NIETO, M.; ARIAS, D.; MINGUELA, B.; RODRIGUES, A. The evolution of operations management contents: an analysis of the most relevant textbooks. **Industrial Management and Data Systems**, v. 99, n. 8, pp. 345-352, 1999.

NOREEN, E.; SMITH, D.; MACKEY, J. **A Teoria das restrições e suas Implicações na contabilidade gerencial**. São Paulo: Educator, 1996.

NUNES, L. P.; LOBO, A. C. **Pintura industrial na proteção anticorrosiva**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

ONWUBOLU, G. C. Tabu search-based algorithm for the TOC product mix decision. **International Journal of Production Research**, v. 39, n. 10, p. 2065-2076, 2001.

ONWUBOLU, G. C.; MUTING, M. A genetic algorithm approach to the theory of constraints product mix problems. **Production Planning & Control**, v. 12, n. 1, p. 21-27, 2001a.

ONWUBOLU, G. C.; MUTING, M. Optimizing the multiple constrained resources product mix problem using genetic algorithms. **International Journal of Production Research**, v. 39, n. 9, p. 1897-1910, 2001b.

PADOVEZE, C. L. **Curso básico gerencial de custos**. 2ª ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

PAMPLONA, E. O. **Contribuição para a análise crítica do sistema de custos ABC através da avaliação de direcionadores de custos**. 200 p. Tese (Doutorado). Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 1997.

PATTERSON, M. C. The product-mix decision: a comparison of theory of constraints and labor-based management accounting. **Production and Inventory Management Journal**, v. 33, n. 3; p. 80-85, 1992.

PERGHER, I.; RODRIGUES, L. H.; LACERDA, D. P. Discussão teórica sobre o conceito de perdas do sistema Toyota de produção: inserindo a lógica do ganho da teoria das restrições. **Gestão e Produção**, v. 18, n. 4, p. 673-386, 2011

PERNOT, E.; ROODHOOFT, F.; VAN DEN ABBEELE, A. Time-driven activity-based costing for inter-library services: a case study in a university. **The Journal of Academic Librarianship**, v. 33, n. 5, p. 551-560, 2007.

PIDD, M. Just modeling through: a rough guide to modeling. **Interfaces**, v. 29. n. 2, p. 118-132, 1999.

PINZAN, A. F. **Métodos de custeio e seus propósitos de uso: análise por meio de estudo de casos múltiplos**. 126 p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Contabilidade e Atuária, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

PLENERT, G. Optimizing theory of constraints when multiple constrained resources exist. **European Journal of Operational Research**, v. 70, p. 126-133, 1993.

POSNACK, A. J. Theory of constraints; Improper applications yield improper. **Production and Inventory Management Journal**, v. 35, n. 1, p. 85-86, 1994.

PROQUEST. **Pesquisa avançada**. Disponível em: <<http://search.proquest.com/advanced?accountid=14643>>. Acesso em: 02 de setembro de 2014.

QIAN, L.; BEN-ARIEH, D. Parametric cost estimation based on activity-based costing: à case study for design and development of rotational parts. **International Journal of Production Economics**, v. 113, p. 808-818, 2008.

QUEIROZ, J. A.; RENTES, A. F. Contabilidade de custos versus contabilidade de ganhos: respostas às exigências da produção enxuta. **Gestão e Produção**, v.17, n.2, p.377-388, 2010.

RAEESI, R.; AMINI, A. Developing a Grey Activity Based Costing (G-ABC) method to capture the inherent uncertainty in identifying cost drivers' consumption rates.

Academy of Accounting and Financial Studies Journal, v. 17, n. 2, p. 41-56, 2013.

RAGSDALE, C. T. **Spreadsheet modeling and decision analysis: a practical introduction to management science**. 3rd edition, Cincinnati: South-Western College Publishing, 2001.

RAJESH, M. A Mixed integer linear goal programming model for optimizing multiple constrained resources product-mix problem under the Theory of Constraints. **The IUP Journal of Operations Management**, v. 13, n. 1, 2014.

RATNATUNGA, J.; TSE, M. S. C.; BALACHANDRAN, K. R. Cost management in Sri Lanka: a case study on volume, activity and time as cost drivers. **The International Journal of Accounting**, v. 47, p. 281-301, 2012.

RATNATUNGA, J.; WALDMANN, E. Transparent costing: has the emperor got clothes? **Accounting Forum**, v. 34, p. 196-210, 2010.

RAY, A.; SARKAR, B.; SANYAL, S. K. An exploratory analysis of optimizing product mix through heuristic: an eclectic decision. **International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice**, v. 18, n. 9, p. 462-472, 2011.

RAY, A.; SARKAR, B.; SANYAL, S. K. An improved theory of constraints. **International Journal of Accounting and Information Management**, v. 16, n. 2, p. 155-165, 2008.

RAY, A.; SARKAR, B.; SANYAL, S. K. The TOC-based algorithm for solving multiple constraint resources. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 57, n. 2, p. 301-309, 2010.

REDDY, K.; VENTER, H. S.; OLIVIER, M. S. Using time-driven activity-based costing to manage digital forensic readiness in large organisations. **Information Systems Frontiers**, v. 14, n. 5, p. 1061-1077, 2012.

REEVES, G. R. Inventory decisions in product-mix models. **Omega**, v. 4, n. 3, p. 339-340, 1976.

REEVES, G. R.; SWEIGART, J. R. Product-mix models when learning effects are present. **Management Science**, v. 27, n. 2, p. 204-212, 1981.

REZAIE, K.; NAZARI-SHIRKOUHI, S.; GHODSI, R. Theory of constraints and particle swarm optimization approaches for product mix problem decision. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 4, n. 12, p. 6483-6491, 2010.

RFB - RECEITA FEDERAL DO BRASIL. **Regulamento do Imposto de Renda - Decreto nº 3.000/1999**. Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/LEGISLACAO/RIR/default.htm>>. Acesso em: 11 de abril de 2014.

ROCHA, W.; GONZALES, P. G. Integração do custeio baseado em atividades com a teoria das restrições. **Revista de Administração Mackenzie**, v. 7, n. 2, p. 102-122, 2006.

ROUSSEAU, R. Indicadores bibliométricos e econométricos para a avaliação de instituições científicas. **Ciência da Informação**, v. 27, n. 2, p. 149-158, 1998.

RUIZ, J. A. **Metodologia científica: guia para eficiência nos estudos**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

RUNGTUSANATHAM, M. J.; CHOI, T.Y.; HOLLINGWORTH, D. G.; WU, Z.; FORZA, C. Survey research in operations management: historical analyses. **Journal of Operations Management**, v. 21, n. 4, pp. 475-488, 2003.

SÁ, A. L.; SÁ, A. M. L. **Dicionário de contabilidade**. 9ª ed. São Paulo: Atlas, 1995.

SALVADOR, A. D. **Métodos e técnicas de pesquisa bibliográfica**. Porto Alegre: Sulina, 1978

SANTANA, G. A. S.; COLAUTO, R. D.; CARRIERI, A. P. Institucionalização de instrumentos de custeio: o caso de uma organização do setor elétrico brasileiro. **Revista Universo Contábil**, v. 8, n. 2, p. 25-42, 2012.

SARAIVA JR., A. F. **Decisão de mix de produtos sob a ótica do custeio baseado em atividades e tempo**. 173 p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SARAIVA JR., A. F. **Determinação do mix de produção e vendas com a utilização do método de simulação de Monte Carlo e da margem de contribuição com a exploração do recurso com restrição de capacidade**. 91 p. Monografia (Graduação) – Departamento de Engenharia Mecânica e de Produção, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SARAIVA JR., A. F.; ALCALDE, A.; COSTA, R. P. A contribuição da visão baseada em recursos para a pesquisa em contabilidade gerencial: análise bibliométrica. **Revista de Informação Contábil**, v. 3, n. 3, p. 117-142, 2009.

SARAIVA JR., A. F.; COSTA, R. P. Bibliometric analysis of international academic publishing on product-mix decision. In: 17TH International Annual European Operations Management Association (EUROMA) Conference. **Proceedings...** Porto, Portugal, 2010a.

SARAIVA JR., A. F.; COSTA, R. P. O impacto dos métodos de custeio na decisão de *mix* de produtos. In: XII Congresso Internacional de Custos (CIC). **Anais...** Punta del Leste, Uruguai, 2011.

SARAIVA JR., A. F.; COSTA, R. P. Product-mix decision from the perspective of time-driven activity-based costing. In: 21ST Production and Operations Management Society (POMS) Annual Conference. **Proceedings...** Vancouver, Canadá, 2010b.

SARAIVA JR., A. F.; PANARELLA, P. J. M.; COSTA, R. P. Modelos para decisão de mix de produtos: análise comparativa entre TOC, ABC e modelo geral. In: XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). **Anais...** Bento Gonçalves, Brasil, 2012.

SARAIVA JR., A. F.; RODRIGUES, M. V.; COSTA, R. P. Simulação de Monte Carlo aplicada à decisão de mix de produtos. **Produto & Produção**, v. 11, n. 2, p. 26-54, 2010.

SARAIVA JR., A. F.; RODRIGUES, M. V.; SAMPAIO, A. F. Determinação de um critério de priorização do mix de produção e venda a partir da aplicação da teoria das restrições. **Revista da FA7**, v. 5, n.2, 2007.

SARAIVA JR., A. F.; TABOSA, C. M.; COSTA, R. P. Simulação de Monte Carlo aplicada à análise econômica de pedido. **Produção**, v. 21, n. 1, p. 149 - 164, 2011.

SCHULZEA, M.; SEURING, S.; EWERING, C. Applying activity-based costing in a supply chain environment. **International Journal of Production Economics**, v. 135 p. 716-725, 2012.

SCIENCE DIRECT. **Advanced Search**. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/search>>. Acesso em: 02 de setembro de 2014.

SCOPUS. **Basic Search**. Disponível em: <<http://www.scopus.com>>. Acesso em: 02 de setembro de 2014.

SHANK, J. K.; GOVINDARAJAN, V. **Strategic cost management: the new tool for competitive advantage**. New York: The Free Press, 1993.

SHARMAN, P. Meet Bob Kaplan. *Strategic Finance*, v. 89, n. 9, p. 19-21, 2008.

SHEU, C.; CHEN, M-H.; KOVAR, S. Integrating ABC and TOC for better manufacturing decision making. **Integrated Manufacturing Systems**, v. 14, n. 5, p. 433-441, 2003.

SHIELDS, M. D. Research in management accounting by North Americans in the 1990s. **Journal of Management Accounting Research**, v. 9, p. 3–61, 1997.

SHILLINGLAW, G. The concept of attributable cost. **Journal of Accounting Research**, v. 1, n. 1, p. 73-85, 1963.

SIBI. **Revistas eletrônicas**. Disponível em: <<http://www.usp.br/sibi>>. Acesso em: 02 de setembro de 2014.

SIGUENZA-GUZMAN, L.; VAN DEN ABEELE, A.; CATTRYSSE, D. Time-driven activity-based costing systems for cataloguing processes: a case study. **Liber Quartely**, v. 23, n. 3, p. 160-186, 2014.

SIGUENZA-GUZMAN, L.; VAN DEN ABEELE, A.; VANDEWALLE, J.; VERHAAREN, H.; CATTRYSSE, D. Using time-driven activity-based costing to support library management decisions: a case study for lending and returning processes. **The Library Quarterly**, v. 84, n. 1, p. 76-98, 2014.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**, 2005. Disponível em:

<<http://www.portaldeconhecimentos.org.br/index.php/por/Conteudo/Metodologia-da-pesquisa-e-elaboracao-de-dissertacao>>. Acesso em: 04 de outubro de 2011.

SINGH, R. K.; PRAKASH, K. S.; TIWARI, M. K. Psycho-clonal based approach to solve a TOC product mix decision problem. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 29, n. 11-12, p. 1194-1202, 2006.

SINISGALLI, E. S. L.; URBINA, L. M. S.; ALVES, J. M. O custeio ABC e a contabilidade de ganhos na definição do mix de produção de uma metalúrgica. **Produção**, v. 19, n. 2, p. 332-344, 2009.

SOBREIRO, V. A. **Uma aplicação de modelagem dinâmica de sistemas e activity based costing para mensurar os custos em manufaturas celulares**. 156 p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SOBREIRO, V. A.; MARIANO, E. B.; NAGANO, M. S. Product mix: the approach of throughput per day. **Production Planning & Control: The Management of Operations**, v. 25, n. 12, p. 1015-1027, 2014.

SOBREIRO, V. A.; NAGANO, Um novo método heurístico para a otimização de mix de produção baseado na teoria das restrições e no problema da mochila. **Revista Produção Online**, v.13, n. 2, p. 520-543, 2013.

SOBREIRO, V. A.; NAGANO, M. S. A review and evaluation on constructive heuristics to optimise product mix based on the Theory of Constraints. **International Journal of Production Research**, v. 50, n.20, p. 5936-5948, 2012.

SOMAPA, S.; COOLS, M.; DULLAERT, W. Unlocking the potential of time-driven activity-based costing for small logistics companies. **International Journal of Logistics Research and Applications**, v. 15, n. 5 p. 303-3022, 2012.

SOUREN, R.; AHN, H.; SCHMITZ, C. Optimal product mix decisions based on the theory of constraints? Exposing rarely emphasized premises of throughput accounting. **International Journal of Production Research**, v. 43, n. 2, p. 361–374, 2005.

SOUTH, J. B.; OLIVER, J. E. A value-added approach to product mix decisions. **Industrial Marketing Management**, v. 21, n. 2, p. 167-171, 1992.

SOUZA, A. A.; AVELAR, E. A.; BOINA, T. M.; RAIMUNDINI, S. L. Análise da aplicabilidade do time-driven activity-based costing em empresas de produção por encomenda. **Revista Universo Contábil**, v. 6, n.1, p. 67-84, 2010.

SOUZA, F. B.; SOBREIRO, V. A.; NAGANO, M. S. MANFRINATO, J. W. S. When less is better: Insights from the product mix dilemma from the Theory of Constraints perspective. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 19, p. 5839-5852, 2013.

SOUZA, M. A.; LISBOA, L. P.; ROCHA, W. Práticas de contabilidade gerencial adotadas por subsidiárias brasileiras de empresas multinacionais. **Revista de Contabilidade e Finanças**, n. 32, p. 40-57, 2003.

SPENCER, M. Economic theory, cost accounting and theory of constraints: an examination of relationships and problems. **International Journal of Production Research**, v. 32, n. 2, p. 299-308, 1994.

SPINAK, E. **Diccionario enciclopédico de bibliometría, cienciometría y informetría**. Montevideo, 1996.

SPOEDE, C.; HENKE, E. O.; UMBLE, M. Using activity analysis to locate profitability drivers. **Management Accounting**, v. 75, n. 11, p. 43-48, 1994 .

STEIN, R. E. **The Theory of Constraints: applications in quality and manufacturing**. 2nd ed. Marcel Dekker, 1997.

STOUT, D. E.; PROPRI, J. M. Implementing time-driven activity-based costing at a medium-sized electronics company. **Management Accounting Quarterly**, v. 12, n. 3, p. 1-11, 2011.

STOUTHUYSEN, K.; SWIGGERS, M.; REHEUL, A-M.; ROODHOOFT, F. Time-driven activity-based costing for a library acquisition process: a case study in a Belgian university. **Library Collections, Acquisitions, & Technical Services**, v. 34, p. 83-91, 2010.

SUSANTO, S.; BHATTACHARYA, A. Compromise fuzzy multi-objective linear programming (CFMOLP) heuristic for product-mix determination. **Computers & Industrial Engineering**, v. 61, p. 582–590, 2011.

TAHA, H. A. **Pesquisa operacional**. 8^a ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

TAKEY, F. M.; MESQUITA, M. A. Aggregate planning for a large food manufacturer with high seasonal demand. **Brazilian Journal of Operations and Production Management** , v. 3, n. 1, p. 5-20.

TANHAEI, F.; NAHAVANDI, N. Algorithm for solving product mix problem in two-constraint resources environment. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 64, p. 1161-1167, 2013.

TANIŞ, V. N.; ÖZYAPICI, H. The measurement and management of unused capacity in a time driven activity based costing system. **Journal of Applied Management Accounting Research**, v. 10, n. 2, p. 43-55, 2012.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 16^a ed. São Paulo: Cortez, 2008.

TRUJILLO, F. A. **Metodologia da pesquisa científica**. São Paulo: McGraw-Hill, 1982.

TSAI, W-H. A technical note on using work sampling to estimate the effort on activities under activity-based costing. **International Journal of Production Economics**, v. 43, n.1, p. 11-6, 1996.

TSAI, W-H.; CHEN, H-C.; LEU, J-D.; CHANG, Y-C.; LIN, T. H. A product-mix decision model using green manufacturing technologies under activity-based costing. **Journal of Cleaner Production**, v. 57, p. 178-187, 2013.

TSAI, W-H.; CHEN, H-C.; LIU, J-Y.; CHEN, S. P.; SHEN, Y-S. Using activity-based costing to evaluate capital investments for green manufacturing systems. **International Journal of Production Research**, v. 49, n. 24, p.7275-7292, 2011.

TSAI, W-H.; KUO, L.; LIN, T. W.; KUO, Y-C.; SHEN, Y-S. Price elasticity of demand and capacity expansion features in an enhanced ABC product-mix decision model. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 21, p. 6387-6416, 2010.

TSAI, W-H.; LAI, C-W. Outsourcing or capacity expansions: application of activity-based costing model on joint products decisions. **Computers & Operations Research**, v. 34, n. 12, p. 3666-3681, 2007.

TSAI, W-H.; LAI, C-W.; CHANG, J. C. An algorithm for optimizing joint products decision based on the theory of constraints. **International Journal of Production Research**, v. 45, n. 15, p. 3421-3437, 2007.

TSAI, W-H.; LAI, C-W.; TSENG, L. J.; CHOU, W. C. Embedding management discretionary power into an ABC model for a joint products mix decision. **International Journal of Production Economics**, v. 115, n. 1, p. 210-220, 2008.

TSAI, W-H.; LIN, W-R.; FAN, Y-W.; LEE, P-L.; LIN, S-J.; HSU, J-L. Applying a mathematical programming approach for a green product mix decision. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 4, p. 1171-118, 2012.

TSAI, W-H.; YANG, C-H.; LEE, H-L. An Activity-Based Costing decision model for life cycle assessment in green building projects. **European Journal of Operational Research**, v. 238, p. 607-619, 2014.

TSE, M. S. C.; GONG, M. Z. Recognition of idle resources in time-driven activity-based costing and resource consumption accounting models. **Journal of Applied Management Accounting Research**, v. 7, n. 2, p. 41-54, 2009.

TURNERY, P. B. **Common cents: the ABC performance breakthrough - how to succeed with activity-based costing**. Hillsboro: Cost Technology, 1991.

VAN DER MERWE, A.; KEYS, D. E. The case for RCA: decision support in an advanced cost management system. **Journal of Cost Management**, v. 15, n. 6, p. 23-32, 2001.

VAN DER MERWE, A.; KEYS, D. E. The case for resource consumption accounting. **Strategic Finance**, v. 84, n. 10, p. 1-6, 2002.

VASANT, P. M. Application of fuzzy linear programming in production planning. **Fuzzy Optimization and Decision Making**, v. 2, p. 229–241, 2003.

VASANT, P. M. Fuzzy decision making of profit function in production planning using S-curve membership function. **Computers & Industrial Engineering**, v. 51, p. 715-725, 2006.

VASANT, P. M. Fuzzy linear programming for decision making and planning under uncertainty. **International Journal of Information Technology & Decision Making**, v. 4, n. 4, p. 647–662, 2005.

VASANT, P. M. Fuzzy production planning and its application to decision making. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 17, p. 5-12, 2006.

VASANT, P. M. Hybrid LS–SA–PS methods for solving fuzzy non-linear programming problems. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 57, p. 180-188, 2013.

VASANT, P. M. Solving fuzzy linear programming problems with modified S-curve membership function. **International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based System**, v. 13, p. 97-109, 2005.

VASANT, P. M.; BARSOUM, N. Hybrid genetic algorithms and line search method for industrial production planning with non-linear fitness function. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 22, p. 767-777, 2009.

VASANT, P. M.; ELAMVAZUTHI, I.; WEBB, J. F. Fuzzy technique for optimization of objective function with uncertain resource variables and technological coefficients. **International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing**, v. 1, n. 3, p. 349-367, 2010.

VASANT, P. M.; GANESAN, T.; ELAMVAZUTHI, I. Improved tabu search recursive fuzzy method for crude oil industry. **International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing**, v. 3, n. 2, 2012.

VASANT, P. M.; NAGARAJAN, R.; YAACOB, S. Decision making in industrial production planning using fuzzy linear programming. **IMA Journal of Management Mathematics**, v. 15, p. 53-65, 2004.

VASANT, P. M.; NAGARAJAN, R.; YAACOB, S. Fuzzy linear programming with vague objective coefficients in an uncertain environment. **Journal of the Operational Research Society**, v. 56, n. 5, p. 597-603, 2005.

VASANT, P.; BARSOUM, N. N. Fuzzy optimization of units products in mix-product selection problem using fuzzy linear programming approach. **Soft Computing**, v. 10, n. 2, p. 144-151, 2006.

VERMA, R. Management science, Theory of Constraints / optimized production technology and local optimization. **Omega**, v. 25, n. 2, p. 189-200, 1997.

VIANA, F. W. **Overhead: um estudo à luz das características qualitativas da informação contábil**. 160 p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Contabilidade e Atuária, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

VOGL, M. Improving patient-level costing in the English and the German 'DRG' system. **Health Policy**, v. 109, p. 290- 300, 2013.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 22, n. 2, p. 195-219, 2002.

WANG, F. K.; DU, T.; WEN, F. C. Product mix in the TFT-LCD industry. **Production Planning & Control**, v. 18, n. 7, p. 584-591, 2007.

WANG, J. Q.; SUN, S. D.; SI, S. B.; YANG, H. A. Theory of constraints product mix optimization based on immune algorithm. **International Journal of Production Research**, v. 47, n. 16, p. 4521-4543, 2009.

WANG, J-Q.; ZHANG, Z-T.; CHEN, J.; GUO, Y-Z.; WANG, S.; SUN, S-D.; QU, T.; HUANG, G. Q. The TOC-based algorithm for solving multiple constraint resources: a re-examination. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 61, n. 1, p. 138-146, 2014.

WEB OF SCIENCE. **Search**. Disponível em: <<http://www.webofknowledge.com/>>. Acesso em: 02 de setembro de 2014.

WEBBER, S.; CLINTON, B. D. Resource consumption accounting applied: the Clopay case. **Management Accounting Quarterly**, v. 6, n. 1, p. 1-14, 2004.

WEG. **Pintura industrial com tintas a pó**. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-apostila-curso-dt-13-pintura-industrial-com-tintas-em-po-treinamento-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 26 de julho de 2014.

WEGMANN, G. The activity-based costing method: development and applications. **The Icfai University Journal of Accounting Research**, v. 8, n. 1, p. 7-22, 2009.

WELLINGTON, J. F.; GUIFFRIDA, A. L.; LEWIS, S. A. Interior analysis of the green product mix solution. **European Journal of Operational Research**, v. 237, p. 966-974, 2014.

WINSTON, W. L.; ALBRIGHT, S. C.; BROADIE, M. **Practical management science**. 2nd ed. Belmont: Duxbury, 2001.

WU, M-C.; CHANG, W-J.; CHIOU, C-W. Product-mix decision in a mixed-yield wafer fabrication scenario. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 29, n. 7-8, p. 746-752, 2006.

YAHYA-ZADEH, M. Product-mix decisions under activity-based costing with resource constraints and non-proportional activity costs. **Journal of Applied Business Research**, v. 14, n. 4; p. 39-45, 1998.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e método. 3^a ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZHANG, X.; LEE, C., K., M. CHEN, S. Supplier evaluation and selection: a hybrid model based on DEAHP and ABC. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 7, p. 1877-1889, 2012.

APÊNDICE A - Publicações acadêmicas resultantes do levantamento bibliográfico sobre decisão de mix de produtos

Nº	PUBLICAÇÃO	ANO
1	ALSMADI, M.; ALMANI, M.; KHAN, Z. Implementing an integrated ABC and TOC approach to enhance decision making in a Lean context. <i>International Journal of Quality & Reliability Management</i> , v. 31, n. 8, p. 906-920	2014
2	BADRI, S. A.; GHAZANFARI, M.; MAKUI, A. An integrated model for product mix problem and scheduling considering overlapped operations. <i>Decision Science Letters</i> , v. 3, n. 4, p. 523-534	2014
3	BADRI, S. A.; GHAZANFARI, M.; SHAHANAGHI, K. A multi-criteria decision-making approach to solve the product mix problem with interval parameters based on the theory of constraints. <i>International Journal of Advanced Manufacturing Technology</i> , V. 70, p. 1073–1080	2014
4	RAJESH, M. A Mixed integer linear goal programming model for optimizing multiple constrained resources product-mix problem under the Theory of Constraints. <i>The IUP Journal of Operations Management</i> , v. 13, n. 1	2014
5	SOBREIRO, V. A.; MARIANO, E. B.; NAGANO, M. S. Product mix: the approach of throughput per day. <i>Production Planning & Control</i> , v. 25, n. 12, p. 1015-1027	2014
6	WANG, J-Q.; ZHANG, Z-T.; CHEN, J.; GUO, Y-Z.; WANG, S.; SUN, S-D.; QU, T.; HUANG, G. Q. The TOC-based algorithm for solving multiple constraint resources: a re-examination. <i>IEEE Transactions on Engineering Management</i> , v. 61, n. 1, p. 138-146	2014
7	WELLINGTON, J. F.; GUIFFRIDA, A. L.; LEWIS, S. A. Interior analysis of the green product mix solution. <i>European Journal of Operational Research</i> , v. 237, p. 966-974	2014
8	CANNON, J. N; CANNON, H. M.; LOW, J. T. Modeling tactical product-mix decisions: a theory-of-constraints. <i>Simulation & Gaming</i> , v. 44, n. 5, p. 624 –644	2013
9	GHAZINOORY, S.; FATTAHI, P.; SAMOUEI, P. A hybrid FRTOC-SA algorithm for product mix problems with fuzzy processing time and capacity. <i>International Journal of Advanced Manufacturing Technology</i> , v. 65, p. 1363-1370,	2013
10	HUNG, W-S.; CHEN, H-C.; CHUNG, Y-C.; LI, R-K.; TSAI, C-H. Application of profit level analysis to verify product mix impacts on net profit changes. <i>International Journal of Academic Research in Economics and Management Sciences</i> , v. 2, n. 1, p.224-239	2013
11	HUTCHINSON, R. Cost accounting and simulation: toward a post-structuralist understanding. <i>Advances in Management Accounting</i> , v. 22, p. 159–183	2013
12	JIMÉNEZ, F.; SÁNCHEZ, G.; VASANT, P. A multi-objective evolutionary approach for fuzzy optimization in production planning. <i>Journal of Intelligent & Fuzzy Systems</i> , v. 25, p. 441–455	2013
13	KAVEH, M.; DALFARD, V. M.; KARAMI, G. Extension of an algorithm for product mix problems with fuzzy conditions. <i>Applied Mathematical Modelling</i> , v. 37, p.9688–9697	2013
14	LU, L.; CHEN, X. Two products manufacturer's production decisions with carbon constraint. <i>Management Science and Engineering</i> , v. 7, n. 1,p. 31-34	2013
15	SOUZA, F. B.; SOBREIRO, V. A.; NAGANO, M. S.; MANFRINATO, J. W. S. When less is better: Insights from the product mix dilemma from the Theory of Constraints perspective. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 51, n. 19, p. 5839-5852	2013
16	TANHAEI, F.; NAHAVANDI, N. Algorithm for solving product mix problem in two-constraint resources environment. <i>International Journal of Advanced Manufacturing Technology</i> , v. 64, p. 1161-1167	2013
17	TSAI, W-H.; CHEN, H-C.; LEU, J-D.; CHANG, Y-C.; LIN, T. H. A product-mix decision model using green manufacturing technologies under activity-based costing. <i>Journal of Cleaner Production</i> , v. 57, p. 178-187	2013
18	VASANT, P. M. Hybrid LS–SA–PS methods for solving fuzzy non-linear programming problems. <i>Mathematical and Computer Modelling</i> , v. 57, p. 180-188	2013

19	SOBREIRO, V. A; NAGANO, M. S. A review and evaluation on constructive heuristics to optimise product mix based on the Theory of Constraints. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 50, n.20, p. 5936-5948	2012
20	TSAI, W-H.; LIN, W-R.; FAN, Y-W.; LEE, P-L.; LIN, S-J.; HSU, J-L. Applying a mathematical programming approach for a green product mix decision. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 50, n. 4, p. 1171-118	2012
21	VASANT, P. M.; GANESAN, T.; ELAMVAZUTHI, I. Improved tabu search recursive fuzzy method for crude oil industry. <i>International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing</i> , v. 3, n. 2	2012
22	AZADEGAN, A.; POROBIC, L.; GHAZINOORY, S.; SAMOUEI, P.; KHEIRKHAH, A. S. Fuzzy logic in manufacturing: a review of literature and a specialized application. <i>International Journal of Production Economics</i> , v. 132, n. 2, p. 258–270	2011
23	CHELLAPPA, B.; MANEMARAN, S. V. Multi attribute decision making approach to optimize the product mix in assignment problems using fuzzy group parameters. <i>International Journal of Computer Applications</i> , v. 26, n. 11, p. 1-6	2011
24	RAY, A.; SARKAR, B.; SANYAL, S. K. An exploratory analysis of optimizing product mix through heuristic: an eclectic decision. <i>International Journal of Industrial Engineering: Theory Applications and Practice</i> , v. 18, n. 9, p. 462-472	2011
25	SUSANTO, S.; BHATTACHARYA, A. Compromise fuzzy multi-objective linear programming (CFMOLP) heuristic for product-mix determination. <i>Computers & Industrial Engineering</i> , v. 61, p. 582–590	2011
26	TSAI, W-H.; CHEN, H-C.; LIU, J-Y.; CHEN, S. P.; SHEN, Y-S. Using activity-based costing to evaluate capital investments for green manufacturing systems. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 49, n. 24, p.7275-7292	2011
27	ARYANEZHAD, M. B.; BADRI, S. A.; KOMIJAN, A. R. Threshold-based method for elevating the system's constraint under theory of constraints. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 46, n. 17, p. 5075–5087	2010
28	KARAKAS, E.; KOYUNCU, M.; EROL, R.; KOKANGUL, A. Fuzzy programming for optimal product mix decisions based on expanded ABC approach. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 48, n. 3, p. 729-744	2010
29	NAZARI-SHIRKOUHI, S; EIVAZY, H.; GHODSI, R.; REZAIE, K.; ATASHPAZ-GARGARI, E. Solving the integrated product mix-outsourcing problem using the imperialist competitive algorithm. <i>Expert Systems with Applications</i> , v. 37, n. 12, p. 7615-7626	2010
30	NEOH, S-C.; MORAD, N.; LIM, C-P.; AZIZ, Z. A. A layered-encoding cascade optimization approach to product-mix planning in high-mix–low-volume manufacturing. <i>IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics</i> , v. 40, n. 1, p. 133-146	2010
31	RAY, A.; SARKAR, B.; SANYAL, S. K. The TOC-based algorithm for solving multiple constraint resources. <i>IEEE Transactions on Engineering Management</i> , v. 57, n. 2, p. 301-309	2010
32	REZAIE, K.; NAZARI-SHIRKOUHI, S.; GHODSI, R. Theory of constraints and particle swarm optimization approaches for product mix problem decision. <i>Australian Journal of Basic and Applied Sciences</i> , v. 4, n. 12, p. 6483–6491	2010
33	VASANT, P. M.; ELAMVAZUTHI, I.; WEBB, J. F. Fuzzy technique for optimization of objective function with uncertain resource variables and technological coefficients. <i>International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing</i> , v. 1, n. 3, p. 349-367	2010
34	TSAI, W-H.; KUO, L.; LIN, T. W.; KUO, Y-C.; SHEN, Y-S. Price elasticity of demand and capacity expansion features in an enhanced ABC product-mix decision model. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 48, n. 21, p. 6387-6416	2010
35	LINHARES, A. Theory of constraints and the combinatorial complexity of the product mix decision. <i>International Journal of Production Economics</i> , v. 121, n. 1, p. 121–129	2009
36	HASUIKE, T.; ISHII, H. On flexible product-mix decision problems under randomness and fuzziness. <i>Omega</i> , v. 37, n. 4, p. 770-787	2009
37	HASUIKE, T., ISHII, H. Product mix problems considering several probabilistic conditions and flexibility of constraints. <i>Computers & Industrial Engineering</i> , v. 56, n. 3, p. 918-936	2009
38	SRIDHARAN, V. G.; KRISHNAN, R.; VERGAUWEN, P.; ARTHANARI, T. The TOC-ABC Choice Debate for Product Mix Decisions: Introducing Asset Specificity as an Alternate Explanation. <i>Journal of Global Business Issues</i> , v. 3, n. 1, p. 105-110	2009

39	VASANT, P. M.; BARSOUM, N. Hybrid genetic algorithms and line search method for industrial production planning with non-linear fitness function. <i>Engineering Applications of Artificial Intelligence</i> , v. 22, p. 767-777	2009
40	WANG, J. Q.; SUN, S. D.; SI, S. B.; YANG, H. A. Theory of constraints product mix optimisation based on immune algorithm. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 47, n. 16, p. 4521-4543	2009
41	BHATTACHARYA, A.; VASANT, P.; SARKAR, B.; MUKHERJEE, S. K. A fully fuzzified, intelligent theory-of-constraints product-mix decision. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 46, n. 3, p. 789-815	2008
42	CHUNG, S.-H., LEE, A.H.-I., KANG, H.-Y., LAI, C.-W. A DEA window analysis on the product family mix selection for a semiconductor fabricator. <i>Expert Systems with Applications</i> , v. 35, n. 1-2, p. 379-388	2008
43	KEE, R. The sufficiency of product and variable costs for production-related decisions when economies of scope are present. <i>International Journal of Production Economics</i> , v. 114, n. 2, p. 682-696	2008
44	RAY, A.; SARKAR, B.; SANYAL, S. K. An improved theory of constraints. <i>International Journal of Accounting and Information Management</i> , v. 16, n. 2, p. 155-165	2008
45	TSAI, W.-H.; LAI, C.-W.; TSENG, L. J.; CHOU, W. C. Embedding management discretionary power into an ABC model for a joint products mix decision. <i>International Journal of Production Economics</i> , v. 115, n. 1, p. 210-220	2008
46	BHATTACHARYA, A.; VASANT, P. Soft-sensing of level of satisfaction in TOC product-mix decision heuristic using robust fuzzy-LP. <i>European Journal of Operational Research</i> , v. 177, n. 1, p. 55-70	2007
47	LEA, B.-R. Management accounting in ERP integrated MRP and TOC environments. <i>Industrial Management & Data Systems</i> , v. 107, n. 8, p. 1188-1211	2007
48	LOCKHART, J.; TAYLOR, A. Environmental considerations in product mix decisions using ABC and TOC. <i>Management Accounting Quarterly</i> , v. 9, n. 1, p. 13-21	2007
49	TSAI, W.-H.; LAI, C.-W. Outsourcing or capacity expansions; Application of activity-based costing model on joint products decisions. <i>Computers and Operations Research</i> , v. 34, n. 12, p. 3666-3681	2007
50	TSAI, W.-H.; LAI, C.-W.; CHANG, J. C. An algorithm for optimizing joint products decision based on the Theory of Constraints. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 45, n. 15, p. 3421-3437	2007
51	WANG, F. K.; DU, T.; WEN, F. C. Product mix in the TFT-LCD industry. <i>Production Planning & Control</i> , v. 18, n. 7, p. 584-591	2007
52	SINGH, R. K.; PRAKASH; KUMAR, S.; TIWARI, M. K. Psycho-clonal based approach to solve a TOC product mix decision problem. <i>International Journal of Advanced Manufacturing Technology</i> , v. 29, n. 11-12, p. 1194-1202	2006
53	WU, M.-C.; CHANG, W.-J.; CHIOU, C.-W. Product-mix decision in a mixed-yield wafer fabrication scenario. <i>International Journal of Advanced Manufacturing Technology</i> , v. 29, n. 7-8, p. 746-752	2006
54	VASANT, P. M. Fuzzy decision making of profit function in production planning using S-curve membership function. <i>Computers & Industrial Engineering</i> , v. 51, p. 715-725	2006
55	VASANT, P. M. Fuzzy production planning and its application to decision making. <i>Journal of Intelligent Manufacturing</i> , v. 17, p. 5-12	2006
56	VASANT, P.; BARSOUM, N. N. Fuzzy optimization of units products in mix-product selection problem using fuzzy linear programming approach. <i>Soft Computing</i> , v. 10, n. 2, p. 144-151	2006
57	BAYOU, M. E.; REINSTEIN, A. Analyzing the Product-mix Decision by Using a Fuzzy Hierarchical Model. <i>Managerial Finance</i> , v. 31, n. 3, p. 35-48	2005
58	CHUNG, S.-H.; LEE, A.H.; PEARN, W. L. Product mix optimization for semiconductor manufacturing based on AHP and ANP analysis. <i>International Journal of Advanced Manufacturing Technology</i> , v. 25, n. 11-12, p. 1144-1156	2005
59	CHUNG, S.-H.; LEE, A. H.; PEARN, W. L. Analytic network process (ANP) approach for product mix planning in semiconductor fabricator. <i>International Journal of Production Economics</i> , v. 96, n. 1, p. 15-36	2005
60	LETMATHE, P.; BALAKRISHNAN, N. Environmental considerations on the optimal product mix. <i>European Journal of Operational Research</i> , v. 167, n. 2, p. 398-412	2005

61	MISHRA, N.; PRAKASH, A.; TIWARI, M. K.; SHANKAR, R.; CHAN, F.T. Hybrid tabu-simulated annealing based approach to solve multi-constraint product mix decision problem. <i>Expert Systems with Applications</i> , v. 29, n. 2, p. 446-454	2005
62	SOURIN, R.; AHN, H.; SCHMITZ, C. Optimal product mix decisions based on the theory of constraints? Exposing rarely emphasized premises of throughput accounting. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 43, n. 2, p. 361-374	2005
63	VASANT, P. M. Fuzzy linear programming for decision making and planning under uncertainty. <i>International Journal of Information Technology & Decision Making</i> , v. 4, n. 4, p. 647-662	2005
64	VASANT, P. M. Solving fuzzy linear programming problems with modified S-curve membership function. <i>International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based System</i> , v. 13, p. 97-10	2005
65	VASANT, P. M.; NAGARAJAN, R.; YAACOB, S. Fuzzy linear programming with vague objective coefficients in an uncertain environment. <i>Journal of the Operational Research Society</i> , v. 56, n. 5, p. 597-603	2005
66	ARYANEZHAD, M.B.; KOMIJAN, A. R. An improved algorithm for optimizing product mix under the theory of constraints. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 42, n. 20, p. 4221-4233	2004
67	KÖKSAL, G. Selecting quality improvement projects and product mix together in manufacturing: An improvement of a theory of constraints-based approach by incorporating quality loss. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 42, n. 23, p. 5009-5029	2004
68	VASANT, P. M.; NAGARAJAN, R.; YAACOB, S. Decision making in industrial production planning using fuzzy linear programming. <i>IMA Journal of Management Mathematics</i> , v. 15, p. 53-65	2004
69	MABIN, V. J.; DAVIES, J. Framework for understanding the complementary nature of TOC frames: Insights from the product mix dilemma. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 41, n. 4, p. 661-680	2003
70	SHEU, C.; CHEN, M-H.; KOVAR, S. Integrating ABC and TOC for better manufacturing decision making. <i>Integrated Manufacturing Systems</i> , v. 14, n. 5, p. 433-441	2003
71	VASANT, P. M. Application of fuzzy linear programming in production planning. <i>Fuzzy Optimization and Decision Making</i> , v. 2, p. 229-241	2003
72	BOYD; COX III, J. F. Optimal decision making using cost accounting information. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 40, n. 8, p.1879-1898	2002
73	DRAMAN, R. H.; LOCKAMY III, A.; COX III, J. F. Constraint-based accounting and its impact on organizational performance: a simulation of four common business strategies. <i>Integrated Manufacturing Systems</i> , v. 13, n. 4, p. 190-200	2002
74	GUPTA, M.; KO, H-J.; MIN, H. TOC-based performance measures and five focusing steps in a job-shop manufacturing environment. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 40, n. 4, p. 907-930	2002
75	HAKA, S.; JACOBS, F.; MARSHALL, R. Fixed cost allocation and the constrained product mix decision. <i>Advances in Accounting</i> , v. 19, pp. 71-88	2002
76	LEA, B.-R.; FREDENDALL, L. D. The impact of management accounting, product structure, product mix algorithm, and planning horizon on manufacturing performance. <i>International Journal of Production Economics</i> , v. 79, n. 3, p. 279-299	2002
77	BLACKSTONE JR., J. H. Theory of constraints - a status report. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 39, n. 6, p. 1053-1080	2001
78	KEE, R. Evaluating the economics of short- and long-run production-related decisions. <i>Journal of Managerial Issues</i> , Vv 13, n. 2, p. 139-158	2001
79	MABIN, V. J. Toward a greater understanding of linear programming, theory of constraints, and the product mix problem. <i>Production and Inventory Management Journal</i> , v. 42, n. 3-4, p. 52-54	2001
80	ONWUBOLU, G. C. Tabu search-based algorithm for the TOC product mix decision. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 39, n. 10, p. 2065-2076	2001
81	ONWUBOLU, G. C.; MUTING, M. Optimizing the multiple constrained resources product mix problem using genetic algorithms. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 39, n. 9, p. 1897-1910	2001
82	ONWUBOLU, G. C.; MUTING, M. A genetic algorithm approach to the theory of constraints product mix problems. <i>Production Planning & Control</i> , v. 12, n. 1, p. 21-27	2001

83	BALAKRISHNAN, J.; CHENG, C. H. Theory of Constraints and linear programming; a re-examination. International Journal of Production Research, v. 38, n. 6, p. 1459-1463	2000
84	COMAN, A.; RONEN, B. Production outsourcing; a linear programming model for the Theory-Of-Constraints. International Journal of Production Research, v. 38, n. 7, p. 1631-1639	2000
85	FINCH, B. J.; LUEBBE, R. L. Response to 'Theory of constraints and linear programming; a re-examination'. International Journal of Production Research, v. 38, n. 6, p. 1465-1466	2000
86	KEE, R.; SCHMIDT, C. Comparative analysis of utilizing activity-based costing and the theory of constraints for making product-mix decisions. International Journal of Production Economics, v. 63, n. 1, p. 1-17	2000
87	BALAKRISHNAN, J. Using theory of constraints in teaching LP and vice versa; advantages and caveats. Production and Inventory Management Journal, v. 40, n. 2, p. 11-16	1999
88	COOPER, R.; SLAGMULDER, R. Integrating activity-based costing and the theory of constraints. Management Accounting (New York, N.Y.), v. 80, n. 8, p. 20-1	1999
89	DEMMY, S.; TALBOTT, T. Improve Internal Reporting with ABC and TOC. Management Accounting (New York, N.Y.)AV. 80, n. 5, p. 18-20	1998
90	YAHYA-ZADEH, M. Product-mix decisions under activity-based costing with resource constraints and non-proportional activity costs. Journal of Applied Business Research, v. 14, n. 4; p. 39-45	1998
91	HSU, T-C., CHUNG, S-H. The TOC-based algorithm for solving product mix problems. Production Planning & Control, v. 9, n. 1, p. 36-46	1998
92	FREDENDALL, L.D.; LEA, B.R. Improving the product mix heuristic in the theory of constraints. International Journal of Production Research, v. 35, n. 6, p. 1535-1544	1997
93	VERMA, R. Management science, Theory of Constraints / optimized production technology and local optimization. Omega, v. 25, n. 2, p. 189-200	1997
94	BALAKRISHNAN, R.; SIVARAMAKRISHNAN, K. Is assigning capacity costs to individual products necessary for capacity planning? Accounting Horizons, v. 10, n. 3, p. 1-11	1996
95	LEE, T., PLENERT, G. Maximizing product mix profitability - What's the best analysis tool. Production Planning & Control, v. 7, n. 6, p. 547-553	1996
96	HOLMEM, J. S. ABC vs. TOC: it's a matter of time. Management Accounting (New York, N.Y.), v. 76, p. 37-40	1995
97	KEE, R. Integrating activity-based costing with the theory of constraints to enhance production-related decision-making. Accounting Horizons, v. 9, n. 4, p. 48-61	1995
98	MALIK, S. A.; SULLIVAN, W. G. Impact of ABC information on product mix and costing decisions. IEEE Transactions on Engineering Management, v. 42, n. 2, p. 171-176	1995
99	SPOEDE, C.; HENKE, E.; UMBLE, M. Using activity analysis to locate profitability drivers. Management Accounting; v. 75, n. 11, p. 43-48	1994
100	POSNACK, A. J. Theory of constraints; Improper applications yield improper. Production and Inventory Management Journal, v. 35, n. 1, p. 85-86	1994
101	MADAY, C. J. Proper use of constraint management. Production and Inventory Management Journal, v. 35, n. 1, p. 84	1994
102	PLENERT, G. Optimizing theory of constraints when multiple constrained resources exist.. European Journal of Operational Research, v. 70, p. 126-133	1993
103	LEE, T., N.; PLENERT, G. Optimizing theory of constraints when new product alternatives exist. Production and Inventory Management Journal, v. 34, n. 3, p. 51-57	1993
104	LUEBBE, R.; FINCH, B. Theory of constraints and linear programming: a comparison. International Journal of Production Research, v. 30, n. 6, p. 1471-1478	1992
105	PATTERSON, M. C. The product-mix Decision: a comparison of Theory of Constraints and labor-based management accounting. Production and Inventory Management Journal. Alexandria, v. 33, n. 3; p. 80-85	1992
106	SOUTH, J. B.; OLIVER, J. E. A value-added approach to product mix decisions. Industrial Marketing Management, v. 21, n. 2, p. 167-171	1992
107	BAKKE, N. A.; HELLBERG, R. Relevance lost; A critical discussion of different cost accounting principles in connection with decision making for both short and long term production scheduling. International Journal of Production Economics, v. 24, n. 1-2, p. 1-18	1991

108	BAHL, H. C.; TAJ, S.; CORCORAN, W. Linear-programming model formulation for optimal product-mix decisions in material-requirements-planning environments. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 29, n. 5, p. 1025-1034	1991
109	CHANDER, P.; LERUTH, L. The optimal product mix for a monopolist in the presence of congestion effects. A model and some results. <i>International Journal of Industrial Organization</i> , v. 7, n. 4, p. 437-449	1989
110	GABSZEWICZ, J.; SHAKED, A.; SUTTON, J.; THISSE, J. Segmenting the market: The monopolist's optimal product mix. <i>Journal of Economic Theory</i> , v. 39, n. 2, p. 273-289	1986
111	BEGED-DOV, A. G. Determination of optimal product mix by marginal analysis. <i>International Journal of Production Research</i> , v. 21, n. 6, p. 909-918	1983
112	KNOLMAYER, G. A simulation study of some simplification strategies in the development of product-mix models. <i>European Journal of Operational Research</i> , v. 12, n. 4, p. 339-347	1983
113	KNOLMAYER, G. Computational experiments in the formulation of linear product-mix and non-convex production-investment models. <i>Computers and Operations Research</i> , v. 9, n. 3, p. 207-219	1982
114	REEVES, G. R.; SWEIGART, J. R. Product-Mix Models When Learning Effects Are Present. <i>Management Science</i> , v. 27, n. 2, p. 204-212	1981
115	BYRD JR., J.; MOORE, L. T. The Application of a Product Mix Linear Programming Model in Corporate Policy Making. <i>Management Science</i> , v. 24, n. 13, p. 1342-1350	1978
116	GRINNELL, D. J. Product mix decisions: direct costing vs. absorption costing. <i>Management Accounting</i> , v. 58, n. 2, p. 36	1976
117	REEVES, G. R. Inventory decisions in product-mix models. <i>Omega</i> , v. 4, n. 3, p. 339-340	1976
118	HODGES, S. D.; MOORE, P. G. The product-mix problem under stochastic seasonal demand. <i>Management Science</i> , v. 17, n. 2, p.107-114	1970

APÊNDICE B - Distribuições de frequência da incidência de periódicos de veiculação das publicações sobre decisão de mix de produtos

PERIÓDICO	FREQUÊNCIA ABSOLUTA	FREQUÊNCIA RELATIVA	FREQUÊNCIA ACUMULADA
International Journal of Production Research	25	21,2%	21,2%
International Journal of Production Economics	9	7,6%	28,8%
Production and Inventory Management Journal	6	5,1%	33,9%
International Journal of Advanced Manufacturing Technology	6	5,1%	39,0%
Management Accounting	5	4,2%	43,2%
Production Planning & Control	5	4,2%	47,5%
European Journal of Operational Research	5	4,2%	51,7%
Management Science	3	2,5%	54,2%
Expert Systems with Applications	3	2,5%	56,8%
Omega	3	2,5%	59,3%
Computers & Industrial Engineering	3	2,5%	61,9%
IEEE Transactions on Engineering Management	3	2,5%	64,4%
Computers and Operations Research	2	1,7%	66,1%
Accounting Horizons	2	1,7%	67,8%
International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing	2	1,7%	69,5%
Integrated Manufacturing Systems	2	1,7%	71,2%
Advances in Accounting	1	0,8%	72,0%
Advances in Management Accounting	1	0,8%	72,9%
Applied Mathematical Modelling	1	0,8%	73,7%
Australian Journal of Basic and Applied Sciences	1	0,8%	74,6%
Decision Science Letters	1	0,8%	75,4%
Engineering Applications of Artificial Intelligence	1	0,8%	76,3%
Fuzzy Optimization and Decision Making	1	0,8%	77,1%
IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics	1	0,8%	78,0%
IMA Journal of Management Mathematics	1	0,8%	78,8%
Industrial Management & Data Systems	1	0,8%	79,7%
Industrial Marketing Management	1	0,8%	80,5%
International Journal of Academic Research in Economics and Management Sciences	1	0,8%	81,4%
International Journal of Accounting and Information Management	1	0,8%	82,2%
International Journal of Computer Applications	1	0,8%	83,1%
International Journal of Industrial Engineering: Theory Applications and Practice	1	0,8%	83,9%
International Journal of Industrial Organization	1	0,8%	84,7%

International Journal of Information Technology & Decision Making	1	0,8%	85,6%
International Journal of Quality & Reliability Management	1	0,8%	86,4%
International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based System	1	0,8%	87,3%
Journal of Applied Business Research	1	0,8%	88,1%
Journal of Cleaner Production	1	0,8%	89,0%
Journal of Economic Theory	1	0,8%	89,8%
Journal of Global Business Issues	1	0,8%	90,7%
Journal of Intelligent & Fuzzy Systems	1	0,8%	91,5%
Journal of Intelligent Manufacturing	1	0,8%	92,4%
Journal of Managerial Issues	1	0,8%	93,2%
Journal of the Operational Research Society	1	0,8%	94,1%
Management Accounting Quarterly	1	0,8%	94,9%
Management Science and Engineering	1	0,8%	95,8%
Managerial Finance	1	0,8%	96,6%
Mathematical and Computer Modelling	1	0,8%	97,5%
Simulation & Gaming	1	0,8%	98,3%
Soft Computing	1	0,8%	99,2%
The IUP Journal of Operations Management	1	0,8%	100,0%
TOTAL	118	100%	

APÊNDICE C – Lista dos autores das publicações prospectadas sobre decisão de mix de produtos

Nº	AUTOR	INSTITUIÇÃO / FILIAÇÃO	PAÍS
1	Nils Arne Bakke	Gesellschaft für Technologie Transfer	Alemanha
2	Gerhard Knolmayer	Institut für Betriebswirtschaftslehre - Universität Kiel	Alemanha
3	Peter Letmathe	Universität Siegen	Alemanha
4	Rainer Souren	Department of Production and Information Management - University of Bremen	Alemanha
5	Heinz Ahn	Institute for Corporate Environmental Management and Industrial Controlling - Aachen University	Alemanha
6	Christian Schmitz	Institute for Corporate Environmental Management and Industrial Controlling - Aachen University	Alemanha
7	V. G. Sridharan	The University of Melbourne	Austrália
8	Luc Leruth	Université Libre de Bruxelles	Bélgica
9	Jean Jaskold Gabszewicz	Université Catholique de Louvain	Bélgica
10	Jacques-Francois Thisse	Université Catholique de Louvain	Bélgica
11	Philip Vergauwen	Universiteit Hasselt	Bélgica
12	Alexandre Linhares	Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas - Fundação Getúlio Vargas	Brasil
13	Enzo Barberio Mariano	Departamento de Engenharia de Produção - Universidade Estadual Paulista	Brasil
14	Fernando Bernardi de Souza	Departamento de Engenharia de Produção - Universidade Estadual Paulista	Brasil
15	Jair Wagner S. Manfrinato	Departamento de Engenharia de Produção - Universidade Estadual Paulista	Brasil
16	Marcelo Seido Nagano	Escola de Engenharia de São Carlos - Univesidade de São Paulo	Brasil
17	Vinicius Amorim Sobreiro	Departamento de Administração - Universidade de Brasília	Brasil
18	Jaydeep Balakrishnan	Faculty of Management - University of Calgary	Canadá
19	Chun Hung Cheng	Department of Systems Engineering and Engineering Management - The Chinese University of Hong Kong	China
20	Felix T. Chan	University of Hong Kong	China
21	Jun-Qiang Wang	Analysis Center of Production and Operations Systems - Northwestern Polytechnical University	China
22	Shu-Dong Sun	Analysis Center of Production and Operations Systems - Northwestern Polytechnical University	China
23	S. B. Si	Analysis Center of Production and Operations Systems - Northwestern Polytechnical University	China
24	H. A. Yang	Analysis Center of Production and Operations Systems - Northwestern Polytechnical University	China
25	T. Du	Department of Decision Sciences and Managerial Economics - The Chinese University of Hong Kong	China
26	Li Lu	University of Electronic Science and Technology of China	China

27	Xu Chen	University of Electronic Science and Technology of China	China
28	Zhong-Tian Zhang	Analysis Center of Production and Operations Systems - Northwestern Polytechnical University	China
29	Jian Chen	Department of Industrial and Manufacturing Systems Engineering - The University of Hong Kong	China
30	Yin-Zhou Guo	Analysis Center of Production and Operations Systems - Northwestern Polytechnical University	China
31	Shuo Wang	Analysis Center of Production and Operations Systems - Northwestern Polytechnical University	China
32	Ting Qu	Guangdong University of Technology	China
33	George Q. Huang	Department of Industrial and Manufacturing Systems Engineering - The University of Hong Kong	China
34	F. Jiménez	Facultad de Informática - Universidad de Murcia	Espanha
35	G. Sánchez	Facultad de Informática - Universidad de Murcia	Espanha
36	Charlene Spoede	Center of Manufacturing Excellence - Baylor University	Estados Unidos
37	Emerson Henke	Baylor University	Estados Unidos
38	Mike Umble	Center of Manufacturing Excellence - Baylor University	Estados Unidos
39	Steve Demmy	Department of Management Science - Wright State University	Estados Unidos
40	John Talbott	Department of Accountancy - Wright State University	Estados Unidos
41	Jay S. Holmen	University of Wisconsin-Eau Claire	Estados Unidos
42	Robin Cooper	Peter F. Drucker Graduate Management School - Claremont Graduate University	Estados Unidos
43	Ramji Balakrishnan	University of Iowa	Estados Unidos
44	K. Sivaramakrishnan	Carnegie Mellon University	Estados Unidos
45	Mohamed E. Bayou	School of Management - University of Michigan-Dearborn	Estados Unidos
46	Alan Reinstein	School of Business - Wayne State University	Estados Unidos
47	John H. Blackstone Jr.	Terry College of Business - The University of Georgia	Estados Unidos
48	Lynn H. Boyd	College of Business and Public Administration - University of Louisville	Estados Unidos
49	James F. Cox III	Terry College of Business - University of Georgia	Estados Unidos
50	Jack Byrd Jr.	West Virginia University	Estados Unidos
51	L. Ted Moore	West Virginia University	Estados Unidos
52	Byron J. Finch	Department of Management - Miami University	Estados Unidos
53	Richard L. Luebbe	Department of Management - Miami University	Estados Unidos
54	Lawrence. D. Fredendall	Management Department - Clemson University	Estados Unidos

55	Bih-Ru Lea	Department of Business Administration - University of Missouri	Estados Unidos
56	Jacque Grinnell	University of Connecticut	Estados Unidos
57	Susan Haka	Eli Broad College of Business - Michigan State University	Estados Unidos
58	Fred Jacobs	Eli Broad College of Business - Michigan State University	Estados Unidos
59	Ronald Marshall	Eli Broad College of Business - Michigan State University	Estados Unidos
60	Robert Kee	Culverhouse School of Accountancy - University of Alabama	Estados Unidos
61	Charles Schmidt	Culverhouse College of Commerce - University of Alabama	Estados Unidos
62	Terry Lee	Institute of Business Management - Brigham Young University	Estados Unidos
63	Gerhard Plenert	Institute of Business Management - Brigham Young University	Estados Unidos
64	Nagraj Balakrishnan	Department of Management - Clemson University	Estados Unidos
65	Julie Lockhart	Western Washington University	Estados Unidos
66	Audrey Taylor	Western Washington University	Estados Unidos
67	Clarence J. Maday	College of Engineering - North Carolina State University	Estados Unidos
68	Shadan A. Malik	Virginia Polytechnic Institute and State University,	Estados Unidos
69	William G. Sullivan	Virginia Polytechnic Institute and State University,	Estados Unidos
70	Mike C. Patterson	Division of Business Administration - Midwestern State University	Estados Unidos
71	Alan J. Posnack	Productivity Partners	Estados Unidos
72	Gary. R. Reeves	School of Business Administration - Miami University / University of South Carolina	Estados Unidos
73	James R. Sweigart	University of South Carolina	Estados Unidos
74	John B. South	School of Business Administration - Valdosta State College	Estados Unidos
75	John E. Oliver	School of Business Administration - Valdosta State College	Estados Unidos
76	Ranjani Krishnan	Michigan State University	Estados Unidos
77	Massood Yahya-Zadeh	Georgetown University	Estados Unidos
78	Thomas Lin	Leventhal School of Accounting - University of Southern California	Estados Unidos
79	James N. Cannon	Iowa State University	Estados Unidos
80	James T. Low	Iowa State University	Estados Unidos
81	Hugh M. Cannon	Wayne State University	Estados

			Unidos
82	Robert Hutchinson	Michigan Technological University	Estados Unidos
83	John F. Wellington	Indiana University	Estados Unidos
84	Alfred L. Guiffrida	Kent State University	Estados Unidos
85	Stephen A. Lewis	Mongrel Works	Estados Unidos
86	Arash Azadegan	Management Department - New Mexico State University	Estados Unidos
87	Lejla Porobic	Industrial Engineering Department - New Mexico State University	Estados Unidos
88	Rexford H. Draman	Graduate School of Management - St Edwards University	Estados Unidos
89	Archie Lockamy III	School of Business - Samfort University	Estados Unidos
90	Maresh Gupta	School of Business - University of Louisville	Estados Unidos
91	Hyun-Jeung Ko	Department of Industrial Engineering - University of Louisville	Estados Unidos
92	Hokey Min	Logistic and Distribution Institute - University of Louisville	Estados Unidos
93	R. Verma	DePaul University	Estados Unidos
94	Chwen Sheu	Department of Management - Kansas State University	Estados Unidos
95	Stacy Kovar	Department of Accounting - Kansas State University	Estados Unidos
96	Regine Slagmulder	Tilburg University	Holanda
97	Bijan Sarkar	Jadavpur University	Índia
98	Sanat Kumar Mukherjee	Birla Institute of Technology	Índia
99	Parkash Chander	Indian Statistical Institute	Índia
100	Nishikant Mishra	National Institute of Foundry and Forge Technology	Índia
101	Anoop Prakash	National Institute of Foundry and Forge Technology	Índia
102	M. K. Tiwari	National Institute of Foundry and Forge Technology	Índia
103	R. Shankar	Indian Institute of Technology Delhi	Índia
104	S. Kumar	Birla Institute of Technology	Índia
105	R. K. Singh	Birla Institute of Technology	Índia
106	Amitava Ray	Sikkim Manipal Institute of Technology	Índia
107	Subir. Sanyal	Jadavpur University, Kolkata	Índia
108	B. Chellappa	Arts College	Índia
109	S.V. Manemaran	Oxford Engineering College	Índia
110	Matai Rajesh	Birla Institute of Technology and Science	Índia
111	Sani Susanto	Parahyangan Catholic University	Indonésia
112	Avner Shaked	London School of Economics	Inglaterra
113	John Sutton	London School of Economics	Inglaterra
114	S. D. Hodges	London Graduate School of Business Studies	Inglaterra

115	P. G. Moore	London Graduate School of Business Studies	Inglaterra
116	Majed Alsmadi	Coventry University	Inglaterra
117	Zulfiqar Khan	Coventry University	Inglaterra
118	M. B. Aryanezhad	Department of Industrial Engineering - Iran University of Science and Technology	Iran
119	A. Rashidi Komijan	Department of Industrial Engineering - Islamic Azad University	Iran
120	H. Eivazy	University of Tehran	Iran
121	E. Atashpaz-Gargari	University of Tehran	Iran
122	Seyed Amin Badri	Iran University of Science and Technology	Iran
123	Mehdi Ghazanfari	Iran University of Science and Technology	Iran
124	Kamran Shahanaghi	Iran University of Science and Technology	Iran
125	Ahmad Makui	Iran University of Science and Technology	Iran
126	Sepehr Ghazinoory	Tarbiat Modares University	Iran
127	Parviz Fattahi	Bu-Ali Sina University	Iran
128	Parvaneh Samouei	Bu-Ali Sina University	Iran
129	Mojtaba Kaveh	Islamic Azad University	Iran
130	Vahid Majazi Dalfard	Islamic Azad University	Iran
131	Golnaz Karami	Islamic Azad University	Iran
132	Fahimeh Tanhaei	Faculty of Engineering - Tarbiat Modares University	Iran
133	Nasim Nahavandi	Tarbiat Modares University	Iran
134	Amir Saman Kheirkhah	Department of Industrial Engineering - Bu-Ali Sina University,	Iran
135	Kamran Rezaie	College of Engineering - University of Tehran	Iran
136	Salman Nazari-Shirkouhi	College of Engineering - University of Tehran	Iran
137	Reza Ghodsi	College of Engineering - University of Tehran	Iran
138	Arijit Bhattacharya	Business School - Dublin City University	Irlanda
139	Alex Coman	Faculty of Technology Management - Center for Technology Education Holon	Israel
140	Boaz Ronen	Faculty of Management - Tel-Aviv University	Israel
141	Takashi Hasuike	Graduate School of Information Science and Technology - Osaka University	Japão
142	Hiroaki Ishii	Graduate School of Information Science and Technology - Osaka University	Japão
143	Ahmad Almani	Philadelphia University	Jordânia
144	Pandian Vasant	Fundamental & Applied Sciences Department - University Technology Petronas	Malásia
145	N. N. Barsoum	School of Electrical and Electronic Engineering - Curtin University of Technology	Malásia
146	Siew-Chin Neoh	Universiti Sains Malaysia	Malásia
147	Norhashimah Morad	Universiti Sains Malaysia	Malásia
148	Chee-Peng Lim	Universiti Sains Malaysia	Malásia
149	Zalina Abdul Aziz	Universiti Sains Malaysia	Malásia
150	R. Nagarajan	Universiti Malaysia Sabah	Malásia
151	Sazali Yaacob	Universiti Malaysia Sabah	Malásia
152	Irraivan Elamvazuthi	Department of Electrical & Electronic Engineering - University Technology Petronas	Malásia

153	Jeffrey F. Webb	University of Technology Swinburne	Malásia
154	T. Ganesan	Mechanical Engineering Department - University Technology Petronas	Malásia
155	Roland Hellberg	Norwegian School of Management	Noruega
156	Victoria J. Mabin	School of Business and Public Management - Victoria University of Wellington	Nova Zelândia
157	J. Davies	School of Business and Public Management - Victoria University of Wellington	Nova Zelândia
158	Tiru Arthanari	The University of Auckland	Nova Zelândia
159	Shu-Hsing Chung	Department of Industrial Engineering and Management - National Chiao Tung University	Taiwan
160	Amy Hsin-I Lee	Department of Industrial Engineering and System Management - Chung Hua University	Taiwan
161	He-Yau Kang	Department of Industrial Engineering and Management - National Chin-Yi University of Technology	Taiwan
162	Chih-Wei Lai	Department of Industrial Engineering and Management - National Chiao Tung University	Taiwan
163	W. L. Pearn	Department of Industrial Engineering and Management - National Chiao Tung University	Taiwan
164	Tien-Chun Hsu	Department of Industrial Engineering and Management - National Chiao Tung University	Taiwan
165	Wen-Hsien Tsai	Department of Business Administration - National Central University	Taiwan
166	Chien-Wen Lai	Department of Accounting and Information - Asia University	Taiwan
167	J. C. Chang	Department of Accounting and Information - Asia University	Taiwan
168	Li-Jung Tseng	Department of Business Administration - Ling Tung University	Taiwan
169	Wen-Chin Chou	Department of Applied Economics - Yu Da College of Business	Taiwan
170	F. K. Wang	National Taiwan University of Science and Technology	Taiwan
171	F. C. Wen	Department of MMSG - MXIC Company	Taiwan
172	Muh-Cherng Wu	National Chiao Tung University	Taiwan
173	Wen-Jung Chang	National Chiao Tung University	Taiwan
174	Chie-Wun Chiou	National Chiao Tung University	Taiwan
175	Lopin Kuo	TamKang University	Taiwan
176	Yi-Chen Kuo	St. John's University	Taiwan
177	Yu-Shan Shen	St. John's University	Taiwan
178	Wan-Rung Lin	National Central University	Taiwan
179	Yi-Wen Fan	National Central University	Taiwan
180	Pei-Ling Lee	National Central University	Taiwan
181	Sin-Jin Lin	National Central University	Taiwan
182	Jui-Ling Hsu	Feng Chia University	Taiwan
183	Wei-Sin Hung	National Chiao Tung University	Taiwan
184	Hsien-Ching Chen	Chung-Hua University	Taiwan
185	Yi-Chan Chung	Yuanpei University	Taiwan
186	Chih-Hung Tsai	Yuanpei University	Taiwan
187	Rong-Kwei Li	National Chiao Tung University	Taiwan
188	Shu-Ping Chen	National Central University	Taiwan
189	Jau-Yang Liu	Chinese Culture University	Taiwan

190	Hui-Chiao Chen	Chinese Culture University	Taiwan
191	Jun-Der Leu	National Central University	Taiwan
192	Yao-Chung Chang	National Central University	Taiwan
193	Ming-Hsiang Chen	Department of Accounting - National Chung Cheng University	Taiwan
194	G. Köksal	Middle East Technical University	Turquia
195	A. Karakas	Cukurova University	Turquia
196	M. Koyuncu	Cukurova University	Turquia
197	R. Erol	Cukurova University	Turquia
198	A. Kokangul	Cukurova University	Turquia
199	Godfrey C. Onwuboluy	Department of Industrial Engineering - National University of Science and Technology	Zimbábue
200	Michael Mutingi	Department of Industrial Engineering - National University of Science and Technology	Zimbábue

**APÊNDICE D - Distribuições de frequência da incidência de países
de vínculo dos pesquisadores sobre decisão de mix
de produtos**

PAÍS	FREQUÊNCIA ABSOLUTA	FREQUÊNCIA RELATIVA	FREQUÊNCIA ACUMULADA
Estados Unidos	60	30,0%	30,0%
Taiwan	35	17,5%	47,5%
Iran	20	10,0%	57,5%
China	15	7,5%	65,0%
Índia	14	7,0%	72,0%
Malásia	11	5,5%	77,5%
Alemanha	6	3,0%	80,5%
Inglaterra	6	3,0%	83,5%
Brasil	6	3,0%	86,5%
Turquia	5	2,5%	89,0%
Bélgica	4	2,0%	91,0%
Nova Zelândia	3	1,5%	92,5%
Israel	2	1,0%	93,5%
Japão	2	1,0%	94,5%
Zimbábue	2	1,0%	95,5%
Espanha	2	1,0%	96,5%
Austrália	1	0,5%	97,0%
Canadá	1	0,5%	97,5%
Holanda	1	0,5%	98,0%
Indonésia	1	0,5%	98,5%
Irlanda	1	0,5%	99,0%
Jordânia	1	0,5%	99,5%
Noruega	1	0,5%	100,0%
TOTAL	200	100%	

APÊNDICE E - Distribuições de frequência da incidência dos tipos de pesquisa sobre decisão de mix de produtos

TIPO DE PESQUISA	FREQUÊNCIA ABSOLUTA	FREQUÊNCIA RELATIVA	FREQUÊNCIA ACUMULADA
Modelagem Matemática (Exemplo Numérico/Ilustrativo)	54	45,8%	45,8%
Modelagem Matemática + Simulação (Exemplo Numérico/Ilustrativo)	13	11,0%	56,8%
Teórico/Conceitual (Exemplo Numérico/Ilustrativo)	12	10,2%	66,9%
Modelagem Matemática + Estudo de Caso	9	7,6%	74,6%
Teórico/Conceitual	8	6,8%	81,4%
Modelagem Matemática	5	4,2%	85,6%
Simulação (Exemplo Numérico/Ilustrativo)	4	3,4%	89,0%
Modelagem Matemática + Simulação	3	2,5%	91,5%
Simulação	2	1,7%	93,2%
Modelagem Matemática + Simulação + Estudo de Caso	2	1,7%	94,9%
Teórico/Conceitual + Simulação	2	1,7%	96,6%
Estudo de Caso	2	1,7%	98,3%
Survey	1	0,8%	99,2%
Survey (Exemplo Numérico/Ilustrativo)	1	0,8%	100,0%
TOTAL	118	100%	

APÊNDICE F - Publicações acadêmicas resultantes do levantamento bibliográfico sobre custeio baseado em atividades e tempo

Nº	PUBLICAÇÃO	ANO
1	ADEOTI, A.; VALVERDE, A. A. Time-driven activity based costing for the Improvement of IT service operations. <i>International Journal of Business and Management</i> , v. 9, n. 1, p. 109-128	2014
2	BASUKI, B.; RIEDIANSYAF, M. D. The application of time-driven activity-based costing in the hospitality industry: an exploratory case study. <i>Journal of Applied Management Accounting Research</i> , v. 12, n. 1, p. 27-54	2014
3	CAMPANALE, C.; CINQUINI, L.; TENUCCI, A. Time-driven activity-based costing to improve transparency and decision making in healthcare. <i>Qualitative Research in Accounting & Management</i> , v.11, n. 2, p. 165-186	2014
4	DONOVAN, C. J.; HOPKINS, M.; KIMMEL, B. M.; KOBERNA, S.; MONTIE, C. A. How Cleveland Clinic used TDABC to improve value. <i>Healthcare Finance Management</i> , June, p. 84-88	2014
5	HUANG, S-Y.; CHEN, H-J.; CHIU, A-A.; CHEN, C-P. The application of the theory of constraints and activity-based costing to business excellence: the case of automotive electronics manufacture firms. <i>Total Quality Management & Business Excellence</i> , v. 25, n. 5-6, p. 532-545	2014
6	KAPLAN, R. S. Improving value with TDABC. <i>Healthcare Financial Management</i> , June, p. 77-83	2014
7	MEDDAOUI, A.; BOUAMI, D. Decision making in maintenance using analytical hierarchy process and time-driven activity based costing. <i>International Journal of Productivity and Quality Management</i> , v. 13, n. 4, p. 450-470	2014
8	SIGUENZA-GUZMAN, L.; VAN DEN ABEELE, A.; CATTRYSSSE, D. Time-driven activity-based costing systems for cataloguing processes: a case study. <i>Livber Quartely</i> , v. 23, n. 3, p. 160-186	2014
9	SIGUENZA-GUZMAN, L.; VAN DEN ABEELE, A.; VANDEWALLE, J.; VERHAAREN, H.; CATTRYSSSE, D. Using time-driven activity-based costing to support library management decisions: a case study for lending and returning processes. <i>The Library Quarterly</i> , v. 84, n. 1, p. 76-98	2014
10	FRENCH, K. E.; ALBRIGHT, H. W.; FRENZEL, J. C.; INCALCATERRA, J. R.; RUBIO, A. C.; JONES, J. F.; FEELEY, T. W. Measuring the value of process improvement initiatives in a preoperative assessment center using time-driven activity-based costing. <i>Healthcare</i> , v. 1, n. 3-4, p. 136-142	2013
11	LEVANT, Y.; ZIMNOVITCH, H. Contemporary evolutions in costing methods: understanding these trends through the use of equivalence methods in France. <i>Accounting History</i> , v. 18, n. 1, p. 51 -75	2013
12	MORTAJI, S. T. H.; BAGHERPOUR, M.; MAZDEH, M. M. Fuzzy time-driven activity-based costing. <i>Engineering Management Journal</i> , v. 25, n. 3, p. 63-73	2013
13	VOGL, M. Improving patient-level costing in the English and the German 'DRG system. <i>Health Policy</i> , v. 109, p. 290- 300	2013
14	BALAKRISHNAN, R.; LABRO, E.; SIVARAMAKRISHNAN, K. Product costs as decision aids: an analysis of alternative approaches (part 1). <i>Accounting Horizons</i> , v. 26, n. 1, p. 1-20	2012
15	BALAKRISHNAN, R.; LABRO, E.; SIVARAMAKRISHNAN, K. Product costs as decision aids: an analysis of alternative approaches (part 2). <i>Accounting Horizons</i> , v. 26, n. 1, p. 21-41	2012
16	EVERAERT, P.; CLEUREN, G.; HOOZÉE, S. Using time-driven ABC to identify operational improvements: a case study in a university restaurant. <i>Cost Management</i> , v. 26, n. 2, p. 41-48, 2012	2012
17	HOOZÉE, S.; VERMEIRE, L.; BRUGGEMAN, W. The impact of refinement on the accuracy of Time-Driven ABC. <i>Abacus</i> , v. 48, n. 4, p. 439-472	2012
18	KEE, R. Measuring & managing the cost of governmental services: a case for time-driven activity-based costing. <i>The Journal of Government Financial Management</i> , v. 61, n. 3, p. 38-41	2012
19	KONT, K-R. New cost accounting models in measuring of library employees' performance. <i>Library Management</i> , v. 33, n. 1-2, p. 50-65	2012

20	LEE, C. I.; ENZMANN, D. R. Measuring radiology's value in time saved. <i>Journal of the American College of Radiology</i> , v. 9, n. 10, p. 713-717	2012
21	PINENO, C. J. Simulation of the weighting of balance scorecard metrics including sustainability and time-driven ABC based on the product life cycle. <i>Management Accounting Quarterly</i> , v. 13, n. 2, p. 21-38	2012
22	RATNATUNGA, J.; TSE, M. S. C.; BALACHANDRAN, K. R. Cost management in Sri Lanka: a case study on volume, activity and time as cost drivers. <i>The International Journal of Accounting</i> , v. 47, p. 281-301	2012
23	REDDY, K.; VENTER, H. S.; OLIVIER, M. S. Using time-driven activity-based costing to manage digital forensic readiness in large organisations. <i>Information Systems Frontiers</i> , v. 14, n. 5, p. 1061-1077	2012
24	SOMAPA, S.; COOLS, M.; DULLAERT, W. Unlocking the potential of time-driven activity-based costing for small logistics companies. <i>International Journal of Logistics Research and Applications</i> , v. 15, n. 5 p. 303-3022	2012
25	TANIŞ, V. N.; ÖZYAPICI, H. The measurement and management of unused capacity in a time driven activity based costing system. <i>Journal of Applied Management Accounting Research</i> , v. 10, n. 2, p. 43-55	2012
26	AYVAZ, E.; PEHLIVANL, D. The use of time driven activity based costing and analytic hierarchy process method in the balanced scorecard implementation. <i>International Journal of Business and Management</i> , v. 6, n. 3, p. 146-158	2011
27	GIANNETTI, R.; VENNARI, C.; VITALI, P. M. Time-driven activity-based costing and capacity cost management: the case of a service firm. <i>Cost Management</i> , v. 25, n. 4, p. 6-16	2011
28	KAPLAN, R. S.; PORTER, M. E. How to solve the cost crisis in health care. <i>Harvard Business Review</i> , v. 89, n. 9, p. 47-64	2011
29	KONT, K-R. Activity-based costing (ABC) and time-driven activity-based costing (TDABC): applicable methods for university libraries? <i>Evidence Based Library and Information Practice</i> , v. 6, n. 4	2011
30	STOUT, D. E.; PROPRI, J. M. Implementing time-driven activity-based costing at a medium-sized electronics company. <i>Management Accounting Quarterly</i> , v. 12, n. 3, p. 1-11	2011
31	DALCI, I.; TANIS, V.; KOSAN, L. Customer profitability analysis with time-driven activity-based costing: a case study in a hotel, <i>International Journal of Contemporary Hospitality Management</i> , v. 22, n. 5, p. 609-637	2010
32	GERVAIS, M.; LEVANT, Y.; DUCROCQ, C. Time-driven activity-based costing (TDABC): an initial appraisal through a longitudinal case study. <i>Journal of Applied Management Accounting Research</i> , v. 8, n. 2, p. 1-20	2010
33	HOOZÉE, S.; BRUGGEMAN, W. Identifying operational improvements during the design process of a time-driven ABC system: the role of collective worker participation and leadership style. <i>Management Accounting Research</i> , v. 21, p. 185-198	2010
34	RATNATUNGA, J.; WALDMANN, E. Transparent Costing: Has the emperor got clothes? <i>Accounting Forum</i> , v. 34, p. 196-210	2010
35	STOUTHUYSEN, K.; SWIGGERS, M.; REHEUL, A-M.; ROODHOOFT, F. Time-driven activity-based costing for a library acquisition process: a case study in a Belgian university. <i>Library Collections, Acquisitions, & Technical Services</i> , v. 34, p. 83-91	2010
36	DEMEERE, N.; STOUTHUYSEN, K.; ROODHOOFT, F. Time-driven activity-based costing in an outpatient clinic environment: development, relevance and managerial impact. <i>Health Policy</i> , v. 92, p. 296-304	2009
37	TSE, M. S. C.; GONG, M. Z. Recognition of idle resources in time-driven activity-based costing and resource consumption accounting models. <i>Journal of Applied Management Accounting Research</i> , v. 7, n. 2, p. 41-54	2009
38	WEGMANN, G. The activity-based costing method: development and applications. <i>The Icfai University Journal of Accounting Research</i> , v. 8, n. 1, p. 7-22	2009
39	CARDINAELS, E.; LABRO, E. On the determinants of measurement error in time-driven costing. <i>The Accounting Review</i> , v. 83, n. 3, p. 735-756	2008
40	EVERAERT, P.; BRUGGEMAN, W.; SARENS, G.; ANDERSON, S. R.; LEVANT, Y. Cost modeling in logistics using time-driven ABC: experiences from an wholesaler. <i>International Journal of Physical Distribution & Logistics Management</i> , v. 38, n. 3, p. 172-191	2008

41	EVERAERT, P.; BRUGGEMAN, W.; DE CREUS, G. Sanac Inc.: from ABC to time-driven ABC (TDABC) – an instructional case. <i>Journal of Accounting Education</i> , v. 26, p. 118-154	2008
42	ANDERSON, S. R.; PROKOP, K.; KAPLAN, R. S. Fast-track profit models. <i>The Journal of Private Equity</i> , v. 10, n. 3, p. 22-34	2007
43	EVERAERT, P.; BRUGGEMAN, W. Time-driven activity-based costing: exploring the underlying model. <i>Cost Management</i> , v. 21, n. 2, p. 16-20	2007
44	HUTCHINSON, R. Linking manufacturing strategy to product cost: toward time-based accounting. <i>Management Accounting Quarterly</i> , v. 9, n. 1, p. 31-42, 2007	2007
45	KAPLAN, R. S.; ANDERSON, S. R. The innovation of time-driven activity-based costing. <i>Cost Management</i> , v. 21, n. 2, p. 5-15	2007
46	MAX, M. Leveraging process documentation for time-driven activity based costing. <i>Journal of Performance Management</i> , v. 20, n. 3, p. 16-28	2007
47	PERNOT, E.; ROODHOOFT, F.; VAN DEN ABBEELE, A. Time-driven activity-based costing for inter-library services: a case study in a university. <i>The Journal of Academic Librarianship</i> , v. 33, n. 5, p. 551-560	2007
48	BARRETT, R. Time-driven costing: the bottom line on the new ABC. <i>Business Performance Management Magazine</i> , v. 3, n. 1, p. 35-39	2005
49	CLELAND, K. As easy as CBA? <i>Financial Management</i> , September, p. 28-32	2004
50	KAPLAN, R. S.; ANDERSON, S. R. Time-driven activity-based costing. <i>Harvard Business Review</i> , v. 82, n.11, p.131-138	2004

APÊNDICE G - Distribuições de frequência da incidência de periódicos de veiculação das publicações sobre custeio baseado em atividades e tempo

PERIÓDICO	FREQUÊNCIA ABSOLUTA	FREQUÊNCIA RELATIVA	FREQUÊNCIA ACUMULADA
Journal of Applied Management Accounting Research	4	8,0%	8,0%
Cost Management	4	8,0%	16,0%
Management Accounting Quarterly	3	6,0%	22,0%
Accounting Horizons	2	4,0%	26,0%
Harvard Business Review	2	4,0%	30,0%
International Journal of Business and Management	2	4,0%	34,0%
Health Policy	2	4,0%	38,0%
Management Accounting Research	1	2,0%	40,0%
The Accounting Review	1	2,0%	42,0%
The International Journal of Accounting	1	2,0%	44,0%
Accounting History	1	2,0%	46,0%
Journal of Accounting Education	1	2,0%	48,0%
Abacus	1	2,0%	50,0%
International Journal of Logistics Research and Applications	1	2,0%	52,0%
International Journal of Physical Distribution & Logistics Management	1	2,0%	54,0%
International Journal of Productivity and Quality Management	1	2,0%	56,0%
Accounting Forum	1	2,0%	58,0%
Business Performance Management Magazine	1	2,0%	60,0%
Engineering Management Journal	1	2,0%	62,0%
Evidence Based Library and Information Practice	1	2,0%	64,0%
Financial Management	1	2,0%	66,0%
Healthcare	1	2,0%	68,0%
Healthcare Finance Management	1	2,0%	70,0%
Healthcare Financial Management	1	2,0%	72,0%
Information Systems Frontiers	1	2,0%	74,0%
International Journal of Contemporary Hospitality Management	1	2,0%	76,0%
Journal of Performance Management	1	2,0%	78,0%
Journal of the American College of Radiology	1	2,0%	80,0%
Library Collections, Acquisitions, & Technical Services	1	2,0%	82,0%
Library Management	1	2,0%	84,0%
Liber Quartely	1	2,0%	86,0%
Qualitative Research in Accounting & Management	1	2,0%	88,0%
The Icfai University Journal of Accounting	1	2,0%	90,0%
The Journal of Academic Librarianship	1	2,0%	92,0%
The Journal of Government Financial Management	1	2,0%	94,0%
The Journal of Private Equity	1	2,0%	96,0%

The Library Quarterly	1	2,0%	98,0%
Total Quality Management & Business Excellence	1	2,0%	100,0%
TOTAL	50	100%	

APÊNDICE H - Lista dos autores das publicações prospectadas sobre custeio baseado em atividades e tempo

Nº	AUTOR	INSTITUIÇÃO / FILIAÇÃO	PAÍS
1	H. S. Venter	Department of Computer Science - University of Pretoria	África do Sul
2	K. Reddy	Department of Computer Science - University of Pretoria	África do Sul
3	M. S. Olivier	Department of Computer Science - University of Pretoria	África do Sul
4	Matthias Vogl	Institute of Health Economics and Health Care Management / Universität München	Alemanha
5	Erwin Waldmann	School of Commerce - University of South Australia	Austrália
6	Janek Ratnatunga	School of Commerce - University of South Australia	Austrália
7	Keith Cleland	Institute of International Business Relations	Austrália
8	Maleen Z. Gong	Monash University	Austrália
9	Michael S. C. Tse	School of Accounting, Economics and Finance - Deakin University	Austrália
10	Richard Barrett	ALG Software, South Melbourne	Austrália
11	Alexandra Van den Abbeele	Katholieke Universiteit Leuven	Bélgica
12	Anne-Mie Reheul	Hogeschool - Universiteit Brussel	Bélgica
13	Dirk Cattryse	Faculty of Engineering - Katholieke Universiteit Leuven	Bélgica
14	Eli Pernot	Katholieke Universiteit Leuven	Bélgica
15	Filip Roodhooft	Hogeschool-Universiteit Brussel / Vlerick Leuven Gent Management School	Bélgica
16	Geert Cleuren	KBC Bank - Corporate Banking	Bélgica
17	Gerrit Sarens	Université Catholique de Louvain / University of Antwerp	Bélgica
18	Gertjan De Creus	Sanac Inc., Wervik	Bélgica
19	Henri Verhaaren	Katholieke Universiteit Leuven	Bélgica
20	Joos Vandewalle	Katholieke Universiteit Leuven	Bélgica
21	Kristof Stouthuysen	Hogeschool-Universiteit Brussel / Katholieke Universiteit Leuven	Bélgica
22	Martine Cools	Department of Business Studies - Katholieke Universiteit Leuven	Bélgica
23	Michael Swiggers	Hogeschool - Universiteit Brussel	Bélgica
24	Nathalie Demeere	Deloitte Ltd., Diegem	Bélgica
25	Patricia Everaert	Faculty of Economics and Business Administration - Ghent University	Bélgica
26	Sophie Hoozée	Faculty of Economics and Business Administration - Ghent University	Bélgica
27	Lea Vermeire	Katholieke Universiteit Leuven	Bélgica
28	Werner Bruggeman	Faculty of Economics and Business Administration - Ghent University	Bélgica
29	Raul Valverde	John Molson School of Business - Concordia University	Canadá
30	Hasan Özyapici	Cyprus International University	Cyprus
31	Lorena Siguenza-Guzman	Faculty of Engineering - University of Cuenca	Equador
32	Augustin C. Rubio	Division of Anesthesiology and Critical Care - University of Texas	Estados Unidos
33	Benjamin M. Kimmel	Fiscal Services - Cleveland Clinic	Estados Unidos
34	Carrie A. Montie	Decision Support Services - Cleveland Clinic	Estados Unidos

35	Charles J. Pineno	School of Business - Shenandoah University	Estados Unidos
36	Christoph I. Lee	School of Medicine - University of Washington	Estados Unidos
37	Christopher J. Donovan	Fiscal Services - Cleveland Clinic	Estados Unidos
38	David E. Stout	Williamson College of Business Administration - Youngstown State University in Youngstown	Estados Unidos
39	Dieter R. Enzmann	David Geffen School of Medicine - University of California Los Angeles	Estados Unidos
40	Eva Labro	University of North Carolina	Estados Unidos
41	Heidi W. Albright	Institute for Cancer Care Innovation - University of Texas	Estados Unidos
42	James R. Incalcaterra	Department of Business Analytics - University of Texas	Estados Unidos
43	Jessica F. Jones	Institute for Cancer Care Innovation - University of Texas	Estados Unidos
44	John C. Frenzel	Division of Anesthesiology and Critical Care - University of Texas	Estados Unidos
45	Joseph M. Propi	CVS/Caremark, Ohio	Estados Unidos
46	K. Sivaramakrishnan	Texas A&M University	Estados Unidos
47	Kashi R. Balachandran	Stern School of Business - New York University	Estados Unidos
48	Katy E. French	Division of Anesthesiology and Critical Care - University of Texas	Estados Unidos
49	Kevin Prokop	Questor, Michigan	Estados Unidos
50	Michael E. Porter	Harvard Business School - Harvard University	Estados Unidos
51	Mike Hopkins	Decision Support Services - Cleveland Clinic	Estados Unidos
52	Mitchell Max	DecisionVu, Mount Kisco NY	Estados Unidos
53	Ramji Balakrishnan	University of Iowa	Estados Unidos
54	Robert Kee	Culverhouse School of Accountancy - University of Alabama	Estados Unidos
55	Robert S. Kaplan	Harvard Business School - Harvard University	Estados Unidos
56	Stephanie Koberna	Decision Support Services - Cleveland Clinic	Estados Unidos
57	Steven Anderson	Acorn Systems, Houston	Estados Unidos
58	Thomas W. Feeley	Division of Anesthesiology and Critical Care - University of Texas	Estados Unidos
59	Kate-Riin Kont	Acquisitions Department - Tallinn University of Technology Library	Estônia
60	Signe Jantson	Bibliographic Department - Tallinn University of Technology Library	Estônia
61	Charles Ducrocq	University of Rennes 1	França
62	Gregory Wegmann	Department of Business Administration - University of Burgundy	França
63	Henri Zimnovitch	University of Paris-Sud	França
64	Michel Gervais	University of Rennes 1	França
65	Yves Levant	SKEMA Business School - University of Pau	França
66	Eddy Cardinaels	Tilburg University	Holanda
67	Wout Dullaert	Faculty of Economics and Business Administration - VU University of Amsterdam	Holanda
68	Bas Basuki	Airlangga University	Indonésia
69	Mertza D. Riediansyaf	Airlangga University	Indonésia
70	Mohammad M. Mazdeh	Iran University of Science and Technology	Iran
71	Morteza Bagherpour	Iran University of Science and Technology	Iran
72	Seyed T. Hossein	Iran University of Science and Technology	Iran

	Mortaji		
73	Andrea Tenucci	Institute of Management - Scuola Superiore Sant'Anna	Itália
74	Cristina Campanale	Institute of Management - Scuola Superiore Sant'Anna	Itália
75	Lino Cinquini	Institute of Management - Scuola Superiore Sant'Anna	Itália
76	Riccardo Giannetti	Dipartimento di Economia e Management - Università di Pisa	Itália
77	Paola Miolo Vitali	Nucleo di Valutazione - Scuola Normale Superiore	Itália
78	Caterina Venneri	Società Aeroporto Toscano / Pisa	Itália
79	Anwar Meddaoui	Mohamadia Engineering School	Marrocos
80	Driss Bouami	Mohamadia Engineering School	Marrocos
81	Adenle A. Adeoti	Galaxy Backbone	Nigéria
82	Sirirat Somapa	Thammasat Business School	Tailândia
83	An-An Chiu	Department of Accounting and Information Technology - National Chung Cheng University	Taiwan
84	Chih-Pin Chen	Department of Accounting - Feng Chia University	Taiwan
85	Hsueh-Ju Chen	Department of Accounting - National Chung Hsing University	Taiwan
86	Shaio-Yan Huang	Advanced Institute of Manufacturing with High-Tech Innovations - National Chung Cheng University	Taiwan
87	Davut Pehlivanl	Faculty of Economics and Administrative Sciences - Maltepe University	Turquia
88	Ednan Ayvaz	Kocaeli University	Turquia
89	Ilhan Dalci	Eastern Mediterranean University	Turquia
90	Levent Kosan	Silifke Vocational Business School - Mersin University	Turquia
91	Veyis Tanis	Business Administration - Çukurova University	Turquia

APÊNDICE I - Distribuições de frequência da incidência de países de vínculo dos pesquisadores sobre custeio baseado em atividades e tempo

PAÍS	FREQUÊNCIA ABSOLUTA	FREQUÊNCIA RELATIVA	FREQUÊNCIA ACUMULADA
Estados Unidos	27	29,7%	29,7%
Bélgica	18	19,8%	49,5%
Austrália	6	6,6%	56,0%
Itália	6	6,6%	62,6%
França	5	5,5%	68,1%
Turquia	5	5,5%	73,6%
Taiwan	4	4,4%	78,0%
África do Sul	3	3,3%	81,3%
Iran	3	3,3%	84,6%
Estônia	2	2,2%	86,8%
Holanda	2	2,2%	89,0%
Indonésia	2	2,2%	91,2%
Marrocos	2	2,2%	93,4%
Alemanha	1	1,1%	94,5%
Canadá	1	1,1%	95,6%
Cyprus	1	1,1%	96,7%
Equador	1	1,1%	97,8%
Nigéria	1	1,1%	98,9%
Tailândia	1	1,1%	100,0%
TOTAL	91	100%	

APÊNDICE J - Distribuições de frequência da incidência dos tipos de pesquisa sobre custeio baseado em atividades e tempo

TIPO DE PESQUISA	FREQUÊNCIA ABSOLUTA	FREQUÊNCIA RELATIVA	FREQUÊNCIA ACUMULADA
Estudo de Caso	23	46,0%	46,0%
Teórico/Conceitual (Exemplo Numérico/Ilustrativo)	11	22,0%	68,0%
Teórico/Conceitual	4	8,0%	76,0%
Modelagem Matemática (Exemplo Numérico/Ilustrativo)	2	4,0%	80,0%
Modelagem Matemática + Estudo de Caso	2	4,0%	84,0%
Teórico/Conceitual + Estudo de Caso (Exemplo Numérico/Ilustrativo)	2	4,0%	88,0%
Simulação (Exemplo Numérico/Ilustrativo)	2	4,0%	92,0%
Modelagem Matemática + Simulação (Exemplo Numérico/Ilustrativo)	1	2,0%	94,0%
Pesquisa de Campo	1	2,0%	96,0%
Modelagem Matemática	1	2,0%	98,0%
Teórico/Conceitual + Simulação	1	2,0%	100,0%
TOTAL	50	100%	

APÊNDICE K - Exemplo numérico de Kaplan e Anderson (2007a) comentado

O exemplo numérico de Kaplan e Anderson (2007a, p. 9-16; 2007b, p. 8-12) trata-se de um departamento de serviços ao cliente, cujas despesas operacionais (custos) totais são de \$ 567.000,00 por trimestre que incluem gastos com pessoal de serviço ao cliente, com supervisores, com tecnologia da informação, com telecomunicações e com ocupação. Os gestores necessitam calcular os custos que cada usuário (cliente departamento representa para a empresa. Primeiramente, as atividades que o departamento realiza são mapeadas e apresentadas a seguir:

- A. Processar pedidos dos clientes;
- B. Lidar com dúvidas e queixas dos clientes;
- C. Analisar créditos dos clientes.

Para custear as atividades pela ótica do ABC convencional (1º estágio), é solicitado que os empregados estimem a porcentagem do tempo que eles dedicam às três atividades. Para tal, os empregados fazem estimativas tomando como base um horizonte de três a seis meses. Após alguns dias esperando o resultado das estimativas, os seguintes percentuais são obtidos: 70% para a atividade A, 10% para a atividade B e 20% para a atividade C. Desta forma, as despesas operacionais são alocadas para cada atividade através das porcentagens de tempo. Além disso, são coletadas informações sobre a carga de trabalho de cada atividade durante o semestre, o que trouxe 49.000 pedidos de clientes, 1.400 dúvidas de clientes e 2.500 análises de crédito. De forma a simplificar a análise, considera-se que cada transação executada em cada atividade no departamento consome o mesmo tempo.

Em seguida, são calculadas as taxas de direcionadores de custos das atividades pela ótica do ABC convencional, obtendo os valores expressos no Quadro 81.

Quadro 81 - Taxas do direcionador de custos calculados pela lógica do ABC convencional

Atividade	Tempo consumido (%)	Custo atribuído	Quantidade de direcionadores de custo	Taxa do direcionador de custo
A. Processar pedidos dos clientes	70%	\$ 396.900	49.000	\$8,10 por pedido
B. Lidar com dúvidas e queixas dos clientes	10%	\$ 56.700	1.400	\$40,50 por ocorrência
C. Analisar créditos dos clientes	20%	\$ 113.400	2.500	\$45,36 por análise de crédito
TOTAL	100%	\$ 567.000	-	-

Fonte: Kaplan e Anderson (2007a; 2007b)

Pela ótica do ABC convencional, as taxas de direcionadores de custos seriam utilizadas para distribuir as despesas do departamento para cada cliente com base no número de pedidos, de dúvidas ou queixas, ou de análises de crédito referentes a cada um deles.

Pela lógica do TDABC, o 1º estágio de alocação de custos é ignorado, eliminando a necessidade de se alocar os custos do departamento entre as várias atividades por ele executadas. Desta forma, o TDABC “evita o trabalho dispendioso, demorado e subjetivo de pesquisa de atividades do ABC convencional. Para tanto, usa equações de tempo que, de maneira direta e automática, distribuem recursos de custo das atividades executadas e as transações processadas” (KAPLAN; ANDERSON, 2007a, p. 11). Antes disso, a (i) taxa do custo da capacidade para o departamento e o (ii) uso da capacidade por cada transação processada no departamento são estimados.

O numerador da expressão que calcula (i) é igual ao custo total da capacidade fornecida pelo departamento, ou seja, \$ 567.000,00. O denominador da expressão é obtido através do estudo da capacidade de trabalho real dos empregados do departamento. O departamento possui 28 empregados de “linha de frente” (executores do serviço) que trabalham, em média, 20 dias por mês (60 dias por trimestre) e que são remunerados com base em 7,5 horas de trabalho por dia. Desta forma, cada empregado está presente no departamento por cerca de 450 horas ou 27.000 minutos por trimestre. No entanto, nem todo o tempo remunerado é aproveitado em trabalho produtivo, pois os empregados do departamento passam, aproximadamente, 75 minutos por dia em intervalos, em treinamentos e em formação profissional. Portanto, a capacidade prática de cada empregado é de cerca de 22.500 minutos por trimestre (375 minutos por dia, multiplicados por 60 dias de trabalho por trimestre) e do departamento como um todo é de 630.000 minutos por

trimestre. De posse dessas informações, a taxa do custo da capacidade para o departamento resulta em:

$$\text{Taxa do custo da capacidade} = \frac{\$567.000}{630.000 \text{ minutos}} = \$0,90 \text{ por minuto}$$

A partir da estimação dos tempos médios unitários de execução de cada atividade, o parâmetro (ii) do TDABC é calculado. Os tempos estimados são: 8 minutos para processar pedidos dos clientes, 44 minutos para lidar com dúvidas e queixas dos clientes e 50 minutos para analisar créditos dos clientes. A partir da multiplicação de (i) por (ii), para cada atividade, são calculadas as taxas dos direcionadores de custos das atividades executadas no departamento de serviços ao cliente pela lógica do TDABC. O Quadro 82 apresenta os valores obtidos.

Quadro 82 - Taxas do direcionador de custos calculados pela lógica do TDABC

Atividade	Direcionador de custo do TDABC	
	Unidade de tempo (minutos)	Taxa (\$0,90 por minuto)
A. Processar pedidos dos clientes	8	\$ 7,20
B. Lidar com dúvidas e queixas dos clientes	44	\$ 39,60
C. Analisar créditos dos clientes	50	\$ 45,00

Fonte: Kaplan e Anderson (2007a; 2007b)

Pode ser notado que as taxas dos direcionadores de custo do TDABC são um pouco mais baixas do que as estimadas pelo modelo ABC convencional. Para encontrar as razões das diferenças, alguns procedimentos são realizados. Primeiramente, o tempo total de serviço executado pela ótica do ABC convencional é obtido pelo uso da seguinte equação de tempo:

$$\begin{aligned} &\text{Tempo de serviço aos clientes (minutos)} \\ &= 8 \times \text{n}^\circ \text{ de pedidos processados} \\ &+ 44 \times \text{n}^\circ \text{ de dúvidas dos clientes} \\ &+ 50 \times \text{n}^\circ \text{ de análises de crédito dos clientes} \end{aligned}$$

Desta forma, pode-se calcular tanto o custo total da capacidade efetivamente utilizada para executar as atividades, como também o custo total da capacidade ociosa, como mostra o Quadro 83.

Quadro 83 - Cálculo dos custos das atividades, da capacidade utilizada e da capacidade ociosa

Atividade	Unidade de tempo (minutos)	Quantidade	Total de minutos	Custo total
A. Processar pedidos dos clientes	8	49.000	392.000	R\$ 352.800
B. Lidar com dúvidas e queixas dos clientes	44	1.400	61.600	R\$ 55.440
C. Analisar créditos dos clientes	50	2.500	<u>125.000</u>	<u>R\$ 112.500</u>
Capacidade utilizada	-	-	578.600	R\$ 520.740
Capacidade não utilizada (8,2%)	-	-	<u>51.400</u>	<u>R\$ 46.260</u>
TOTAL	-	-	630.000	R\$ 567.000

Fonte: Kaplan e Anderson (2007a; 2007b)

Analisando o Quadro 84, pode-se observar que apenas 92% da capacidade prática dos recursos fornecidos (578.600 dividido por 630.000) durante o trimestre são usadas em trabalho produtivo. Como consequência, apenas 92% das despesas (gastos) totais de \$567.000 são atribuídas aos clientes durante esse período. Desta forma, conclui-se que o sistema ABC convencional superestima os custos de execução das atividades, pois suas pesquisas sobre distribuição do esforço (de empregados, por exemplo) abrangem tanto os custos de capacidade dos recursos utilizados, como também os custos dos recursos não utilizados. Por sua vez, o TDABC, ao especificar as unidades de tempo para a execução de cada atividade, proporciona informações mais válidas à organização na medida em que possibilita a visualização dos custos e do consumo de recursos (tempo) das atividades, da capacidade efetivamente utilizada e da capacidade ociosa do período.

APÊNDICE L - Estudo de caso Wilson-Mohr de Kaplan e Anderson (2007a) comentado

O estudo de caso exposto por Kaplan e Anderson (2007a, p. 34-38) trata-se de um departamento de vendas da empresa americana de equipamentos de controle industrial Wilson-Mohr que é utilizado para ilustrar a utilização das equações de tempo do TDABC. O departamento recebe os pedidos dos clientes, abre novas contas, prepara as cotações, confirma a disponibilidade de itens sob encomenda e transmite os pedidos aceitos e concluídos ao depósito para entrega. As duas atividades básicas do departamento são: entrada/registro de pedidos e preparação de cotação. A Wilson-Mohr estima o tempo médio necessário para executar cada uma das atividades, como mostra a Figura 44.

Figura 44 - Diagrama do processo de vendas da Wilson-Mohr

Fonte: Adaptado de Kaplan e Anderson (2007a)

Convém ressaltar que a entrada de pedidos é realizada por meio de um pacote de *software* específico. Como os representantes de vendas da Wilson-Mohr passam pelo mesmo treinamento, os tempos das atividades são padronizados e facilmente estimados. As variações nos tempos de entrada de pedidos resultam das próprias características dos pedidos, seguindo o diagrama de processo apresentado na Figura 44.

A construção da equação de tempo, conforme Kaplan e Anderson (2007a, p. 36), “exige que se descrevam as atividades básicas e todas as grandes variações em torno delas, se identifiquem os direcionadores das variações e também que se estimem os tempos-padrão para a atividade básica e para cada variação.” Desta forma, para o processo de vendas da empresa Wilson-Mohr, é montado o Quadro 84 que faz referência às atividades básicas, aos direcionadores de cada atividade e aos tempos-padrão de cada etapa descrita na Figura 44. O Quadro 84 faz alusão, ainda, às variáveis que compõem a equação de tempo.

Quadro 84 - Informações necessárias para a construção da equação de tempo do processo de vendas da Winson-Mohr

Atividade	Direcionadores-chave	Tempo por etapa
Registrar pedido	• Receber pedido	2 minutos (β_0)
	• Abrir nova conta	5 minutos (β_1)
	• Registrar pedido	2 minutos por item de linha (IL) (β_2)
	• Confirmar pedido	1 minuto (β_3)
Preparar Cotação	• Identificar necessidade de cotação	2 minutos (β_4)
	• Contatar fornecedor sobre itens fora de estoque (FE)	5 minutos (β_5)
	• Cotar preço	6 minutos por item de linha (IL) (β_6)

Fonte: Adaptado de Kaplan e Anderson (2007a)

Com base no Quadro 84, a equação de tempo para o processo de venda da empresa Wilson-Mohr pode ser expressa da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 \text{Tempo do processo de vendas (em minutos)} = & 2_{\text{receber pedido}} \\
 & + (2_{\text{registrar pedido}} \times IL) \\
 & + 1_{\text{confirmar pedido}} \\
 & + 5_{\{\text{se for conta nova}\}} \\
 & + 1_{\{\text{se cotação for necessária}\}} \\
 & + 5_{\{\text{se contatar fornecedor}\}} \\
 & + (6_{\{\text{se cotar preço}\}} \times IL)
 \end{aligned}$$

Convém observar que, caso sejam identificados outros fatores que ajudem a explicar as variações nos tempos dos processos de vendas, estes fatores podem ser incorporados à equação a partir do simples acréscimo de tempo. Como exemplo, Kaplan e Anderson (2007a) conjecturam a necessidade de mais 10 minutos de trabalhos para lidar com pedidos urgentes. Desta forma, para mensurar o tempo total do processo de vendas da Wilson-Mohr, basta que seja acrescentado o seguinte termo à equação de tempo previamente expressa:

+ 10_{se pedido for urgente}

Desta forma, conforme argumentam Kaplan e Anderson (2007, p. 37), o TDABC possibilita que os analistas ajustem as equações de tempo “à medida que aprendem mais sobre os fatores sistemáticos que causam variações nos processos, ou à medida que a empresa acrescenta novos atributos, canais e serviços.”